Geologische, magnetische und petrographische Untersuchungen tertiärer Vulkanite und ihrer Begleiterscheinungen im Bereich des hessischen Werra-Kaligebietes

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT

der

FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN

vorgelegt von

Karl-Christian Käding

aus

Dramburg

1962

Druck:

Ernst - Reuter - Gesellschaft
der Förderer und Freunde der Freien Universität e.V.

Dissertations - Druckstelle

Berlin-Dahlem, Garystr. 45, Tel.: 76 52 61, App. 668

Geologische, magnetische und petrographische Untersuchungen tertiärer Vulkanite und ihrer Begleiterscheinungen im Bereich des hessischen Werra-Kaligebietes

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT

der

FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN

vorgelegt von

Karl-Christian Käding

aus

Dramburg

1962

I. Referent: Prof. Dr. M. Richter
II. Referent: Prof. Dr. K. R. Mehnert

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Tag der mündlichen Prüfung: 26.3.1962

Tag der Promotion: 25. Juli 1962

Gedruckt mit Genehmigung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Freien Universität Berlin

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	7
Einleitung	9
Geologischer Überblick	11
3.1 Stratigraphie der Schichten des Werra-Kaligebietes vom Unterkarbon (Kulm) bis zum Tertiär	11
3.11 Unterkarbon (Kulm) und Oberrotliegende	11
3.12 Zechstein	12
3.13 Buntsandstein	16
3.14 Muschelkalk	19
3.15 Keuper	20
3.16 Tertiär	21
3.17 Pleistozän	22
3.2 Tektonik des hessischen Werra-Kaligebietes	23
3.21 Strukturkarte im Maßstab 1 : 100 000	27
3.22 Ein SW - NE-verlaufendes Übersichtsprofil	28
3.23 Übersichtskarte des hessischen Werra-Kaligebietes	32
Die Erfassung der einzelnen Aufschlüsse des tertiären Vulkanismus im hessischen Werra-Kaligebiet	33
4.1 Die Aufschlüsse der Vulkanite über Tage	35
4.11 Vulkanitgänge (Nr.7) östlich Eiterfeld in den Steinbrüchen Hartmann und Glotzbach sowie im Pfaffental	36
4.12 Vulkanit (Nr. 12) des Dreien-Bergs südlich Friedewald	37
4.13 Vulkanit- und Tuffvorkommen (Nr.17) am Dach-Berg südlich von Rasdorf	37
4.14 Vulkanit (Nr.36) an der Eselskuppe im Ulstertal bei Philippsthal	38
4.15 Schlotbrekzie und Vulkanit (Nr.43) von Vitzeroda	39

Seite

4.2 Die Aufschlüsse der Vulkanite in den Kaligruben unter Tage 40

4.21 Die Aufschlüsse der Vulkanite von unter Tage des Kaliwerkes Hattorf 41

4.211 Vulkanit des Ganges (Nr.25) in der 3. Südstrecke westlich der Ransbach-Strecke 42

4.212 Vulkanit des Ganges (Nr.28) westlich der Ransbach-Strekke in der 5. Südstrecke 43

4.213 Vulkanit des Ganges (Nr.29) westlich der Hera-Strecke 45

4.214 Vulkanit des Ganges (Nr.30) in der Hauptstrecke nach Südwesten östlich der 5. südlichen Abteilungsstrecke 48

4.215 Vulkanit des Ganges (Nr. 31) in der 4. südöstlichen Abteilungsstrecke 50

4.216 Vulkanit des Ganges (Nr.35) östlich der Hauptstrecke nach Norden 51

4.217 Vulkanit der erbohrten Gangzone im östlichen Grubenfeld des Kaliwerkes Hattorf 53

4.22 Die Aufschlüsse der Vulkanite von unter Tage des Kaliwerkes Herfa-Neurode 55

4.23 Die Aufschlüsse der Vulkanite von unter Tage des Kaliwerkes Wintershall 56

4.231 Vulkanit des westlichen Gangzuges (Nr. 33) 57

4.232 Vulkanit des mittleren Gangzuges (Nr. 40) 59

4.233 Vulkanit des östlichen Gangzuges (Nr. 41) 61

Seite

5.0 Einige Bemerkungen zur Landoberfläche während des Vulkanismus 66

6.0 Magnetische Untersuchungen 69

6.1 Der Isanomalenplan der magnetischen Z-Vermessung im hessischen Werra-Kaligebiet 70

6.2 Vergleich zwischen der Feinvermessung des Vulkanits nördlich von Hohenroda und den Grubenaufschlüssen in der 5. Südstrecke des Kaliwerkes Hattorf 75

6.3 Magnetische Z-Variometermessung des Vulkanitganges östlich von Motzfeld 81

6.4 Erdmagnetische Profile der Vertikalintensität über zwei Vulkanitgängen aus den Kaligruben Hattorf und Herfa-Neurode 82

6.5 Die Suszeptibilität einiger Vulkanite 85

7.0 Die Petrographie der Vulkanite 89

8.0 Zusammenfassung 95

9.0 Schriftenverzeichnis 105

1.0 Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung meines Lehrers, Herrn Professor Dr. Max RICHTER und Herrn Dr. P. LANGE durchgeführt. Im Jahre 1959 hatte ich schon einmal Gelegenheit, einen Teil des Gebietes eingehend bei der Aufnahme meiner Diplomarbeit kennenzulernen. Während der Niederschrift der Arbeit wurde die Anregung gegeben, die im Werra-Kaligebiet als Ausläufer des Rhönvulkanismus auftretenden Vulkanite einer näheren Betrachtung zu unterziehen. Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Max RICHTER, gilt mein besonderer Dank. Stets hat er mich bei der Aufnahme und der Anfertigung der Arbeit großzügig unterstützt.

Gleichzeitig statte ich Herrn Professor Dr. Karl-Richard MEHNERT meinen besten Dank für die wertvollen Hinweise und die freundliche Beratung bei der Auswertung der Dünnschliffe ab.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind auch für die Kaliwerke an der Werra von Interesse. Für die Unterstützung der Kaliindustrie muß ich vor allem der Salzdetfurth AG danken. Herr Bergrat a.D. Dr. MAYRHOFER war immer bereit, sich für meine Belange einzusetzen, wofür ich ihm freundlichst danke.

Während der Feldaufnahme wurde mir von Seiten des Kaliwerkes Hattorf durch Herrn Bergwerksdirektor SCHULZE und Herrn Betriebsführer LINKE sowie durch Herrn Markscheider UHLENBECKER großzügige Hilfe zuteil. Ihnen gilt ebenfalls mein bester Dank.

In der Firma Wintershall fand ich bei Herrn Bergwerksdirektor GUTZKE und Herrn Dr. ROTH großes Verständnis für die Arbeit. Herr Dipl.-Ing. RECKE gab mir bei der Aufnahme im Grubengebiet der Werke Wintershall und Herfa-Neurode wertvolle Anregungen. Den Herren der Firma Wintershall sei herzlichst gedankt.

In den Räumen des Geophysikalischen Instituts der Universität Göttingen führte ich Suszeptibilitätsbestimmungen durch. Dem Institut danke ich für die freundliche Erlaubnis.

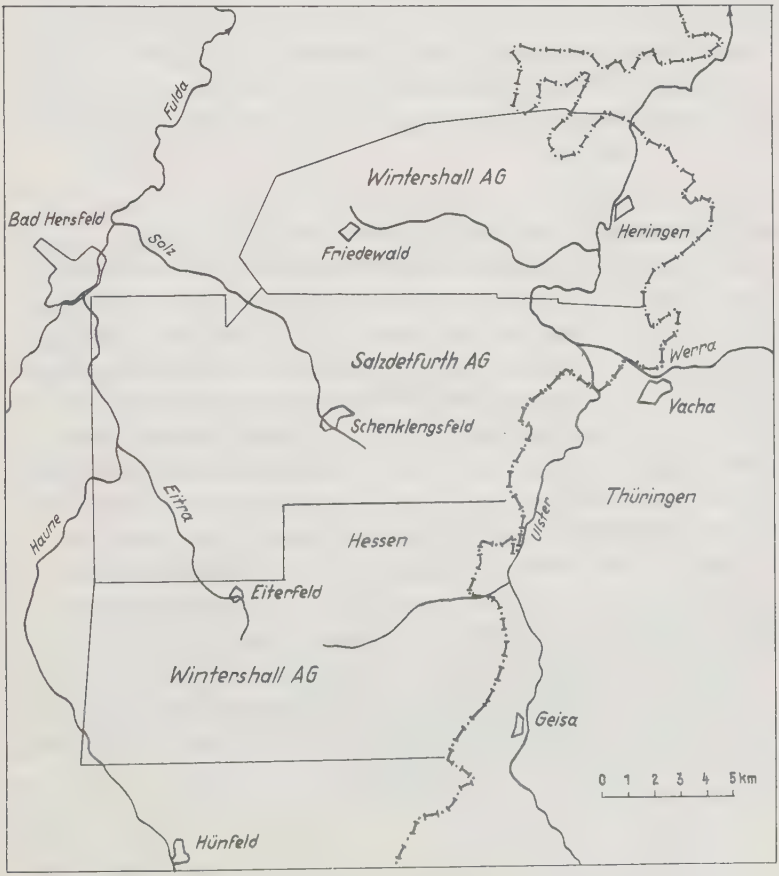
Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546822_0040

2.0 Einleitung

Die Arbeit befaßt sich mit dem tertiären Vulkanismus des nördlichen Rhönvorlandes und mit den Auswirkungen des Magmas auf die Salzlagerstätte des hessischen Werra-Kaligebietes. Folgende Lageskizze gibt einen Überblick über das Untersuchungsgebiet, das südöstlich von Bad Hersfeld liegt. Außerdem zeigt die Karte die Konzessionen der Kaliwerke in diesem Bereich auf.

Lageskizze des Arbeitsgebietes



Als Unterlagen dienten die geologischen Karten im Maßstab 1 : 25 000 von Friedewald (5125), Vacha (5126), Eiterfeld (5224) und Geisa (5225). Das gesamte Gebiet innerhalb der Konzessionsgrenzen ist in den letzten drei Jahren neu kartiert worden. Die Ergebnisse dieser Arbeiten wurden mir freundlicherweise von der Salzdetfurth AG und von der Wintershall AG zur Verfügung gestellt.

Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen der Haune, einem östlichen Nebenfluß der Fulda und der hessisch-thüringischen Landesgrenze. Leider konnte ich jenseits der Zonengrenze keine Begehungen vornehmen. Mir sind deshalb die Vulkanite auf der Thüringer Seite nur aus der Literatur bekannt. Nördlich der Salzhanginnengrenze treten Ausläufer des Rhönvulkanismus kaum noch zutage. Südlich der Kartenblätter Eiterfeld und Geisa wurden keine Untersuchungen mehr vorgenommen.

Besonderes Interesse brachte der Kalibergbau meiner Arbeit entgegen. Die Erfassung der einzelnen Magmenintrusionen und ihrer Begleiterscheinungen ist für den Bergbau von größter Wichtigkeit, da die Kohlensäure, die Vertaubungszonen beiderseits der Vulkanitgänge und die Laugengefahr den Betrieb unter Tage weitgehend beeinflussen können. Von Seiten der Firmen wurde deshalb auf geophysikalischem Wege durch Vermessungen der Vertikalintensität des erdmagnetischen Feldes versucht, die Vulkanite in ihrer Lage zu erfassen. Dabei wurden zwei Drittel des untersuchten Gebietes vermessen. Die Ergebnisse konnte ich zu einer Isanomalenkarte zusammenstellen. Diese Vermessung sowie die geologischen Untersuchungen und die petrographische Betrachtung einzelner Vulkanite sollen einen Überblick über den tertiären Vulkanismus des Werra-Kaligebietes geben. Es wurde weiterhin der Versuch unternommen, die in den letzten Jahren gesammelten Ergebnisse über das Mesozoikum in einer Kurzfassung zu umreißen.

3.0 Geologischer Überblick

3.1 Stratigraphie der Schichten des Werra-Kaligebietes vom Unterkarbon (Kulm) bis zum Tertiär

Als Unterlage für die folgende Betrachtung über den tertiären Vulkanismus soll in kurzer Folge die Stratigraphie vom Unterkarbon bis zum Tertiär behandelt werden. Zur Rekonstruktion der ehemaligen Landoberfläche während der vulkanischen Tätigkeit sowie zur Altersdatierung des Vulkanismus wird die Stratigraphie benötigt, da die Sedimenteinschlüsse in den Schlotbrekzien wichtige Hinweise für diese Fragen liefern. Die Einwirkungen des Magmas auf die Sedimentgesteine sind ebenfalls für die Feststellung der Magmentemperatur von Bedeutung. Um diesen Aufgaben gerecht zu werden, folgt eine knappe Beschreibung der Schichten vom Unterkarbon bis zum Tertiär, wie sie im Werra-Kaligebiet angetroffen werden.

In der Hauptsache geben die Schichten des Salinars unter Tage und die Schichten des Mesozoikums über Tage Anlaß zu dieser Abhandlung, da die vulkanischen Erscheinungsformen in diesen Bereichen am besten aufgeschlossen sind. Deshalb sollen im folgenden Teil auch das Salinar und das Mesozoikum ausführlicher behandelt werden. Für manche Fragen ist auch das Liegende des Salinars ausschlaggebend. Zum Beispiel ist das CO_2, das in sehr großen Mengen im Salz auftritt, wahrscheinlich durch die Einwirkung des Magmas auf liegende Karbonatgesteine des Salinars entstanden.

3.11 Unterkarbon (Kulm) und Oberrotliegende

Der variszisch gefaltete Untergrund ist im Untersuchungsgebiet nur in den Tiefbohrungen erfaßt worden, wobei es sich um das Unterkarbon (Kulm) und das Oberrotliegende handelt. Erst weiter nördlich im Richelsdorfer Gebirge und weiter nordöstlich im Thüringer Wald tritt das Oberrotliegende zutage. Das Liegende des Unterkarbons wurde in der Bohrung Weißenborn 2 nach 127 m Kulm noch nicht erreicht.

Im Unterkarbon treten Sandsteine und Grauwacken auf. In

den Bohrungen Werra-Aue südlich von Heringen und Weißenborn 2 südlich Friedewald wurde das Oberrotliegende mit 325 m bzw. mit 609 m durchteuft. Es treten schokoladenbraune, harte Schluffsandsteine und sandige Schiefertone in Wechsellagerung auf, in die gelegentlich Konglomerate bis zu Haselnußgröße eingelagert sind. Im hangenden Teil erscheinen mehrmals Geröllagen, wobei der Durchmesser der einzelnen Gerölle zwischen Stecknadelkopf- und Haselnußgröße schwankt.

3.12 Zechstein

Gliederung des Zechsteins im Werra-Kaligebiet nach DIETZ und HOPPE:

10	- 15 m	Obere Letten	Aller-Serie
20	- 25 m	Plattendolomit	Leine-Serie
	35 m	Untere Letten	
	5 m	Jüngeres Werrasteinsalz	Staßfurt-Serie
	10 m	Anhydrit	
	10 m	Braunroter Salzton	
	100 m	Oberes Werrasteinsalz	Werra-Serie
	3 m	Oberes Kalilager "Flöz Hessen"	
	60 m	Mittleres Werrasteinsalz	
	3 m	Unteres Kalilager "Flöz Thüringen"	
	100 m	Unteres Werrasteinsalz	
6	- 8 m	Anhydrit und Anhydritknotenschiefer	
6	- 8 m	Zechsteinkalk	
0,3	- 1 m	Kupferschiefer	
1	- 2 m	Zechsteinkonglomerat	

Während des Zechsteins ist es im Werra-Kaligebiet, welches als südliches Teilbecken durch gesonderte Abzweigung vom norddeutschen Zechsteinhauptbecken auftritt, zur Bildung von Salzen gekommen. Da in der Werra-Serie zwei Kaliflöze abgelagert wurden, die mit ihrem Kaligehalt ohne

große Übergänge aus dem Steinsalz ins Kalilager übergehen, muß nach KÜHN (1950/51) angenommen werden, daß bereits aus dem Hauptbecken vorkonzentrierte Mutterlaugen zur Eindunstung in das Teilbecken gelangten. Die Sedimentation setzt über dem Rotliegenden mit dem Zechsteinkonglomerat ein, bildet anschließend den Kupferschiefer und diesem folgt der Zechsteinkalk. Einzelheiten dieses Schichtpaketes brauchen nicht näher behandelt zu werden, da es für die folgenden Fragen nicht von größerer Wichtigkeit erscheint. Die Mächtigkeit der einzelnen Schichten ist aus der nach DIETZ und HOPPE zusammengestellten Tabelle des Werra-Kaligebietes zu entnehmen. Die zyklische Gliederung wurde am Rande zu vergleichenden Betrachtungen beigefügt.

Für den vom Zechsteinkalk zum Werrasteinsalz überleitenden Anhydrit und Anhydritknotenschiefer liegt eine eingehende Untersuchung von HOPPE vor. Die Mächtigkeit des Horizontes beträgt 6 - 8 m. Die Entwicklung beginnt meist mit Dolomit, geht dann über Anhydrit und Dolomit in Wechsellagerung in reinen Anhydrit über, der im Hangenden eine unterschiedliche Mächtigkeit besitzt. Es erfolgt also ein ganz allmählicher Übergang von der karbonatischen zur sulfatischen Entwicklung, der sich die chloridische Ausbildung mit der Steinsalzabscheidung anschließt. Das dem Anhydrit folgende Werrasteinsalz enthält die zwei Flöze "Thüringen" und "Hessen", die aber im Hauptbecken nördlich der Schwelle fehlen. Dort ist es nur zur Bildung der kalisalzfreien ältesten Salzfolge gekommen. Die beiden Flöze trennen die Steinsalzfolge in das Untere Werrasteinsalz mit 100 m, das Mittlere Werrasteinsalz mit 60 m und das Obere Werrasteinsalz mit wiederum 100 m Mächtigkeit.

Das Untere Werrasteinsalz besitzt in seinen liegenden Partien weiße oder graue Farbtöne und liegt vorwiegend in grobkristallinem Zustand vor. Etwa 20 - 30 m unterhalb des Flözes Thüringen setzt eine rötlichbraune bis gelbrote Farbe ein. In diesen Partien sind wiederholt Anhydrit in Schnüren oder tonig-anhydritische Lagen fest-

gestellt worden.

Das Mittlere Werrasteinsalz entwickelt sich aus einem 3 - 5 m mächtigen rotbraunen, enger geschichteten Steinsalz in ein vorwiegend graues Salz, wobei auch in den liegenden 12 - 30 m die engere Folge der Jahresringe auftritt. Im Gegensatz zum Unteren Werrasteinsalz findet man wiederholt Kieseritschnüre. Gleichfalls ist das Salz feinkörniger, und die Ausbildung der Jahresringe wird undeutlicher, was auf das Zurückbleiben der tonig-bituminösen Streifen zurückzuführen ist.

Im Oberen Werrasteinsalz bestehen deutliche Unterschiede in der Färbung. Die hangenden 50 - 60 m besitzen braunrote, bräunliche bis orangerote Farbe, während die liegenden 50 m in der üblichen weißgrauen oder grauen Farbe angetroffen werden, in die wiederholt feine Kieseritschnüre eingelagert sind. Zum Hangenden nimmt die Einschaltung von Anhydrit zu. Einzelne Lagen aus reinem Anhydrit schwellen bis zu einigen Zentimetern an. Die zunehmenden Anhydriteinlagerungen zum Hangenden sowie das Auftreten von Tonlagen künden den neuen Zyklus an.

In Werra-Kaligebiet sind in dieser Folge das bereits aufgeführte Untere Lager "Flöz Thüringen" und das Obere Lager "Flöz Hessen" ausgeschieden worden. Beim Unteren Lager handelt es sich einmal um eine reine, graue Hartsalzausbildung von 2 - 2,5 m, und zum anderen kann das Lager aus einem 1,5 m mächtigen Hartsalzfuß bestehen, der von einem Trümmercarnallit wechselnder Mächtigkeit überlagert wird. Das Lager ist überwiegend rot gefärbt und wird zum Hangenden durch einen Löser abgeschlossen.

Das obere Kalilager besteht zum größten Teil aus einem weißen bis grauen Hartsalz von 2 - 2,5 m Mächtigkeit, welches durch Ton, Kieseritstreifen und Steinsalzlagen stark gebändert ist. Auffallend ist im Gegensatz zum Unteren Lager der Kieseritreichtum. In den untersuchten Gruben Hattorf und Heringen tritt über den Tonlöser, der das Hartsalzlager abschließt, eine 50 cm starke Steinsalzbank, worauf ein Begleitflöz aus weißem Carnallit

folgt. Der normale K_2O-Gehalt des Lagers liegt bei 10 - 12 % und der $MgSO_4$-Gehalt bei 15 - 25 %. Steinsalz, Kieserit und Sylvin treten als vorwiegende Mineralien auf.

Der Braunrote Salzton gelangt zu Beginn des zweiten Zyklus oder der Staßfurt-Serie zum Absatz. Die schon im Oberen Werrasteinsalz erwähnten Tonschnüre und die Anhydritlagen zeigen bereits diese Entwicklung an. Die Mächtigkeit liegt im zentralen Beckenteil zwischen 8 - 10 m. Sie schwillt zu den Rändern hin etwas an. Die gleichförmige petrographische Ausbildung des braunroten, zum Teil lagenweise graugrünen Schiefertons wird gelegentlich von Anhydriteinlagerungen von Zentimeter- bis Dezimeterstärke unterbrochen. Vereinzelt wurde auch rotes, grobspätiges Steinsalz gefunden. Nach RICHTER-BERNBURG (1941/42) ist dieser Horizont im Thüringer Becken der Karbonatfazies des Hauptdolomits gleichzusetzen.

Der Staßfurt-Anhydrit liegt in der nur geringen Mächtigkeit von 5 - 10 m vor. Er zeigt graublaue, selten graue oder dunkle Farbe und ist auffallend einheitlich entwickelt.

Das folgende Jüngere Werrasteinsalz von 5 m Stärke wird von RICHTER-BERNBURG (1941) nicht dem Staßfurtsalz gleichgesetzt, sondern er betrachtet es als ein Zwischensalinar im Anhydrit. HOPPE (1960) dagegen setzt es dem Staßfurtsalz gleich. Am Ruhlaer Kristallin tritt die Verzahnung des Hauptdolomits mit dem Braunroten Salzton auf. Dem auflagernden Anhydrit schließt sich das sogenannte Jüngere Werrasteinsalz an, welches RICHTER-BERNBURG als Zwischensalinar bezeichnet. Die teilweise Wechsellagerung des Jüngeren Werrasteinsalzes mit Anhydrit zeigt den Zusammenhang beider Ablagerungen. Andererseits leitet der eingelagerte Ton zu den hangenden Unteren Letten des dritten Zyklus über.

Die 30 - 40 m mächtigen Unteren Zechsteinletten, gleich dem Grauen Salzton im Hauptbecken, bilden die Basis des dritten Zyklus. Das rot oder rotbraune, weniger grau oder grün gefärbte im wesentlichen ungeschichtete Tongestein

bringt den salinaren Charakter nur noch durch geringe Anhydriteinlagerungen zum Ausdruck. Zum Hangenden erfolgen Einschwemmungen von Sand, die einen 1 m starken, grauen, feinkörnigen, glimmerhaltigen, recht tonigen Sandstein oder eine 1 - 4 m mächtige Wechsellagerung von Sandsteinbänken und Tonlagen ergeben.

Es schließen sich 20 - 25 m Plattendolomit von grauer bis graubrauner Farbe mit einem mehr oder weniger bituminösen Anteil den Unteren Zechsteinletten an. Im oberen Drittel ist die Ausbildung lagenweise oolithisch. Durch die Herauslösung der Ooide besitzt diese Partie ein schaumiges, poröses Gefüge. Die unteren Schichten sind sehr plattige oder dünnbankige, feste, spröde, z.T. splittrig brechende Karbonatgesteine. Im liegenden sowie hangenden Teil des Plattendolomits sind bis zu einigen Zentimetern starke Lettenlagen eingeschaltet, die auf die verbindende Stellung des Plattendolomites zu den Unteren und Oberen Zechsteinletten hinweisen.

Wegen der unsicheren Abgrenzung zum hangenden Bröckelschiefer ist eine genaue Mächtigkeitsangabe der Oberen Zechsteinletten erschwert. In der Bohrung Weißenborn 2 südlich von Friedewald liegen 10 m Obere Letten vor. Die Grenze wurde nach der Gamma-Ray-Messung der Bohrung ermittelt . Die Oberen Letten bestehen aus roten, rotbraunen und z.T. graugrünen Schiefertonen, in denen feine Fasergipsschnüre und ferner Gipsknollen auftreten können. Auch Anhydritlagen bis zu 50 cm Stärke wurden beobachtet. Mit dieser Sedimentation leitet die Entwicklung zum Bröckelschiefer des Buntsandsteins über.

Zur näheren Betrachtung des Zechsteins im Werra-Kaligebiet sei auf die ältere Arbeit von DIETZ (1928) und die Arbeit von HOPPE (1960) hingewiesen. Die Zusammenfassung wurde im wesentlichen diesen Unterlagen entnommen.

3.13 Buntsandstein

Der Buntsandstein mit ungefähr 700 m Mächtigkeit stellt das weitaus größte Schichtpaket des Mesozoikums dar.

Die Untergliederung des Buntsandsteins ist gerade in den letzten Jahren wesentlich erweitert worden. Die rhythmische Sedimentation von grob- und feinkörnigem Material ermöglichte eine bessere Gliederung des Buntsandsteins in kleinere Schichtpakete. Die folgende Untergliederung des Buntsandsteins wurde von P. LANGE und dem Verfasser in den Jahren 1958 und 1959 aufgestellt.

Die überleitende Ablagerung von den Oberen Zechsteinletten zur Sandsteinsedimentation stellt der Bröckelschiefer dar. Da sich der Bröckelschiefer und die Oberen Zechsteinletten sehr ähnlich sind, konnte die Abgrenzung nur durch Gamma-Ray-Messungen in den Bohrungen erfolgen. Die Bohrung Weißenborn 2 durchteufte 41 m schokoladenbraune Letten, in denen bis zu 10 cm dicke hellbraune bis grüngraue Sandsteinlagen vorkommen. Gelegentlich treten Fasergipsschnüre und selten dolomitische Lagen auf.

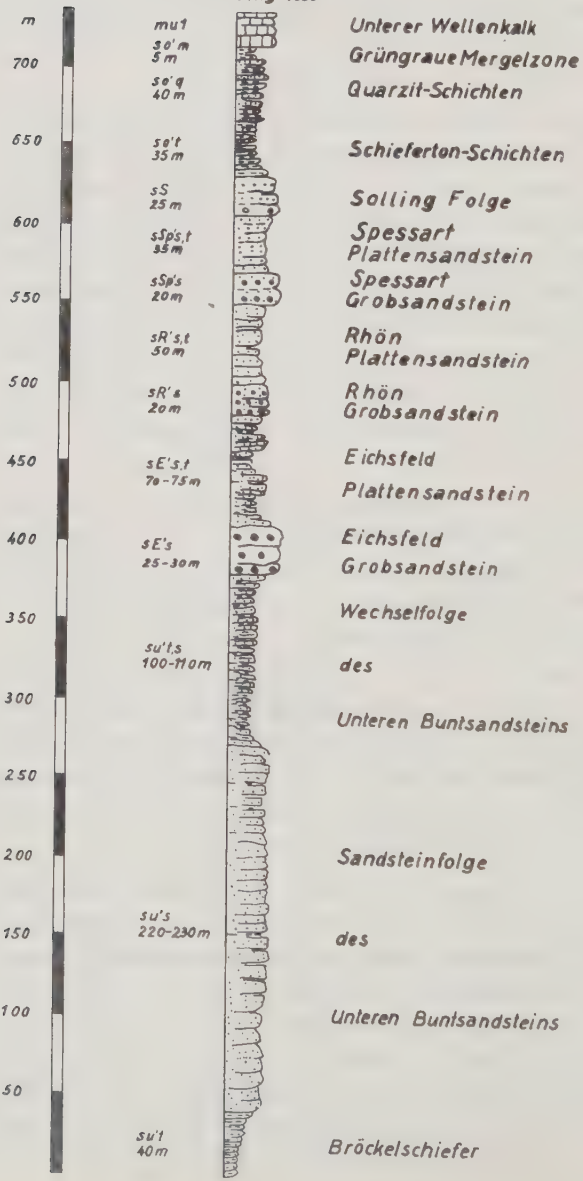
Die Sandsteinfolge des Unteren Buntsandsteins stellt mit 220 - 230 m einen kompakten Horizont aus sehr feinen, rosaroten, z.T. sehr mürben Sandsteinen dar. Die Korngröße der Quarzkörner beträgt 0,2 - 0,4 mm. Die Bänke weisen Schrägschichtung auf und enthalten 0,2 - 0,8 cm große Reduktionshöfe. In einzelnen Partien tritt eine Anhäufung von Glimmern auf.

Darüber legt sich die Wechselfolge des Unteren Buntsandsteins, die aus schluffsandigen Sandsteinbänken mit einem Korndurchmesser von 0,1 - 0,2 mm gebildet wird. Die Folge besteht vorwiegend aus 10 - 20 cm starken plattigen Sandsteinbänken mit 2 - 5 cm schwachen tonigen Zwischenlagen. Die Mächtigkeit beträgt 100 - 110 m.

Über der Wechselfolge des Unteren Buntsandsteins setzt der Mittlere Buntsandstein mit einer Grobschüttung des Eichsfeld Grobsandsteins ein. Die Korngrößen betragen durchschnittlich 0,8 - 2,2 mm. Wegen der geringen Bindemittel sandet der Grobsandstein stark ab. Die Entwicklung geht in den Plattensandstein der Eichsfeld Folge über. Der Plattensandstein besteht aus einer Wechsellagerung von 0,3 - 0,5 m mächtigen Sandsteinbänken und tonigen Horizonten. Die Korngrößen liegen in den Sandsteinbän-

Faziesprofil des Buntsandsteins im Werra-Kaligebiet

Länge . 1956-63
Käding. 1959



ken zwischen 0,2 - 0,5 mm. Die Sandsteinplatten brechen mit scharfen Kanten und enthalten 0,2 - 0,8 cm starke Tongallen. Die Farbe ist rosarot bis rotbraun, sie kann aber auch violett sein. Die rhythmische Sedimentation wiederholt sich mehrmals, wobei die Rhön Folge, die Spessart Folge und die Solling Folge sich der Eichsfeld Folge anschließen. Die Mächtigkeiten sind dem Faziesprofil zu entnehmen.

Der Obere Buntsandstein (Röt) mit 80 m Mächtigkeit ist in drei Schichtglieder unterteilt. Über der Solling Folge befinden sich mit 35 m die Schieferton-Schichten. Es sind kräftig rot bis rotbraune Schiefertone, die vereinzelt auch hellgraue bis weiße und grüngraue Partien enthalten. Im Hangenden erscheinen die Quarzit-Schichten. In der Ausbildung unterscheiden sie sich kaum von den Schieferton-Schichten. Nur sind grüngraue, schmutzig grauviolett verwitternde, quarzitische Bänke von 2 - 5 cm Stärke eingelagert. Den Abschluß bilden die 5 m starken grüngrauen Mergel, die zur Sedimentation des Muschelkalks überleiten.

3.14 Muschelkalk

Gliederung des Muschelkalks nach von KOENEN und KUNERT im Werra-Kaligebiet:

25 - 30 m	Ceratitenschichten	Oberer Muschelkalk
7 - 8 m	Trochitenkalk	
25 - 30 m	Anhydritgruppe	Mittlerer Muschelkalk
7 m	Oberer Wellenkalk	Unterer Muschelkalk
8 m	Schaumkalkzone	
10 m	Oberer Wellenkalk	
10 m	Terebratelzone	
15 m	Unterer Wellenkalk	
8 m	Oolithzone	
25 m	Unterer Wellenkalk	

An der Basis des Muschelkalkes liegen auf den grüngrauen Mergeln des Oberen Buntsandsteins 1 m mächtige eigelbe Kalke, die von der Mergel - zur Kalksedimentation überlei-

ten. Sie gehören zu der Serie von 70 - 80 m Wellenkalk, welche aus wechselnd gebankten, plattigen und knauerigen, grauen bis blaugrauen Kalken besteht. Die drei Horizonte - Oolithzone, Terebratelzone und Schaumkalkzone - lassen eine Untergliederung des Schichtpaketes zu. In der Oolithzone treten gelblich verwitternde oolithische Bänke auf, die mit Wellenkalk wechsellagern.

Die Ooide erreichen einen Durchmesser von 0,5 mm. In der Terebratelzone gelangen ebenfalls oolithische Kalke und Wellenkalk zur Ablagerung. Zum Unterschied zu der Oolithzone finden sich in der gesamten Serie Horizonte mit Trochiten. Zum Hangenden des Wellenkalkes schaltet sich die Schaumkalkzone, die aus grauen bis grünlichgrauen, porösen und fossilreichen Gesteinen besteht, als dritter Leithorizont ein.

Für den Mittleren Muschelkalk ist die Gelbfärbung der Lesesteine charakteristisch. Es treten dunkelgraue, dickbankige, mergelige und grobspätige Kalke auf, die zum Hangenden etwas dolomitischer und feinkristalliner werden. Hervorzuheben sind noch die grauweißen Zellenkalke.

Die mergelreiche Sedimentation des Mittleren Muschelkalks geht in dickbankige, harte Kalke über, die mit Trochiten versehen sind und Trochitenkalk genannt werden. Aus diesem gehen im Hangenden die Ceratitenschichten hervor, die aus wechsellagernden grobkristallinen Kalken und Mergeln bestehen. Die obersten Meter werden aus schiefrigen Tonen, in die geodenartige Knollen eingelagert sind, gebildet. An der Basis tritt Ceratitus nodosus, in den oberen Bänken Ceratitus semipartitus auf.

3.15 Keuper

Über den Ceratitenschichten folgt der sandige bis tonige, sehr schlecht aufgeschlossene Untere Keuper. Die gesamte Zone des Unteren Keupers, die aus dunkelgrauen, schiefrigen Tonen und glimmerführenden Sandsteinen besteht, wird ungefähr 140 m mächtig.

Im Bereich des Konzessionsgebietes tritt der Mittlere Keuper mit 60 - 80 m als letzte Stufe des Mesozoikums auf. Die gesamte Mächtigkeit dürfte aber über 100 m betragen. Es sind vorwiegend rote Tone, die die Zone des Grenzdolomits überlagern. Wegen der starken Beschotterung des Anstehenden mit Basaltschutt läßt sich eine genauere Untergliederung schlecht durchführen. Jüngere Schichtglieder des Mesozoikums werden nicht mehr angetroffen.

3.16 Tertiär

Tertiär ist aus dem untersuchten Gebiet nur an einer Stelle im Eitratal bei Buchenau bekannt. GRUPE ordnet diese Tertiärbildung in das Pliozän ein. Es handelt sich um helle und graue Sande und Tone, in denen ein Braunkohlenlager entwickelt ist, das sich diskordant auf ausgebleichte und stark geneigte Buntsandsteinschichten legt.

HUMMEL (1929) weist darauf hin, daß erst nach der flächenhaften Abtragung der jüngeren Trias, die noch unter den Basaltkuppen der Umgebung erhalten ist, das Pliozän zur Ablagerung gelangen konnte. Es müssen die Basalteruptionen dieser Pliozänablagerung vorangegangen sein. Da die Ablagerung wohl dem jüngeren Pliozän zuzuschreiben ist, dürfte der Vulkanismus in dieser Gegend höchstens bis zum Beginn des Jüngeren Pliozäns gereicht haben.

GRUPE (1944) unterscheidet in Nordhessen zwischen einem hochgelegenen Altpliozän, dem der Kieseloolithschotterterrasse des Rheinsystems zeitlich entsprechenden Höhenschotter der altpliozänen Rumpffläche und andererseits einem zumeist an tiefere Talniveaus gebundenen, durch Reste von Mastodon arvernensis und brosoni gelegentlich faunistisch gekennzeichneten Jungpliozän. Zwischen beide schaltet sich die bedeutende Talerosion des Mittleren Pliozäns ein. Da GRUPE der auslaugenden Kraft des Wassers, das infolge der Hebung im Mittelpliozän den Zugang zur Salzlagerstätte findet und lokal im intakten Salzgebirge und am Salzhang durch Auslaugung des Salzes die Einstürzung des Deckgebirges zur Folge hat, wenig Bedeutung beimißt, muß er die lokalen Senken als bei der allgemeinen Hebung zurückgeblie-

bene Flächen betrachten. Er hat aber insofern recht, wenn er annimmt, daß gerade erst durch die mittelpliozäne Dislokationsphase, die das Aufreißen der Spalten und dadurch die Wasserzufuhr gestattet, die Auslaugung in Gang gebracht wird. Die Anlage bei Buchenau ist sicherlich auf Salzauslaugung im Untergrund zurückzuführen.

Östlich von Philippsthal ist bei Oberzella in Thüringen eine größere Mächtigkeit von tertiären Sedimenten aufgefunden worden. Leider waren dieser Aufschluß und die Vulkanite im Grenzbereich von Thüringen durch die Zonengrenze nicht zugänglich, und so mußte ich ausschließlich auf die Literatur zurückgreifen. Die Senke von Oberzella muß zur Zeit der Vulkanitintrusionen nicht vorhanden gewesen sein, da in diesem Bereich noch die Muschelkalkdecke lag, deren umfangreiche Trümmer in der Schlotbrekzie von Vitzeroda 4 km weiter nördlich und in kleineren Resten auch in der Explosionsröhre auf dem Eiersberg unmittelbar am Rande des Beckens für die Annahme sprechen. Wäre ein Einbruch bereits im Miozän erfolgt, so müßten sich zumindest Bruchstücke von Muschelkalk in der Senke auffinden lassen. Die auslösenden Bewegungen und Kräfte müssen also postmagmatisch in Erscheinung getreten sein. WEBER (1952) führt auf, daß das Arvernensis-Pliozän nach dem heutigen geologischen Stand als postvulkanisch zu betrachten ist. Da die Senkung bei Oberzella nach der Intrusion erfolgte, ist anzunehmen, daß es sich um Oberpliozän handelt. Bei Oberzella wurden über 100 m Sedimente, die aus Sanden, grauen und bunten Tonen, Schottern und Braunkohlen bestehen, in einer Bohrung durchteuft, die der Erschließung der Salzlagerstätte dienen sollte. Sie wurde aber bereits vor Erreichen des Salinars eingestellt. Leider liegt kein genaues Bohrprofil vor.

3.17 Pleistozän

Im südlichen Bereich der Kartenblätter Geisa und Eiterfeld, wo die vulkanische Tätigkeit stärker wird, treten um die einzelnen Kuppen der Vulkanite häufig größere Flächen mit Verwitterungsrückständen der Vulkanite auf. Es

entstehen helle, lockere Böden, die mit vielen kleinen zersetzten Basaltbröckchen angereichert sind. Außerdem bevorzugt das Pleistozän Salzauslaugungsgebiete und kommt ebenso in den Flußtälern zum Absatz. Die flächenhafte Beschotterung mit Pleistozän in der Umrandung der Vulkanite und die Führung von Vulkanitbrocken in den Schottern des Pleistozäns der Flüsse zeigen die postvulkanische Bildung dieser Ablagerungen.

3.2 Tektonik des hessischen Werra-Kaligebietes

Das Werra-Kaligebiet liegt zwischen den beiden tektonischen Großformen des Thüringer Waldes im Nordosten und der Meininger-Eiterfelder Mulde im Südwesten. HUMMEL (1929) kommt auf Grund der Konstruktion der Schichtstufengrenzen des Mesozoikums zu der Annahme, daß die vorbasaltische Landoberfläche im wesentlichen von herzynischen Faltenachsen beherrscht wird. Die nach der Faltenbildung erfolgte Heraushebung des Thüringer Waldes und die Einsenkung der Eiterfelder Mulde schaffen im großen die Struktur der Kalilagerstätte, so daß im allgemeinen ein Einfallen von 2 - 3° nach Südwesten auftritt. Außer diesen großtektonischen Elementen bestehen kleinere andersstreichende Strukturen. Sehen wir von der variszischen Gebirgsbildung ab, so ist die älteste klar in Erscheinung tretende Bewegung also in das Jungmesozoikum zu legen. Gelegentlich kommt es zur Vergitterung der herzynischen und rheinischen Faltenachsen. Nach HUMMEL läßt sich zwischen beiden Streichrichtungen kein grundsätzlicher Altersunterschied feststellen. Es herrschen aber bei der kimmerischen Faltung die herzynischen Anlagen vor.

Zur Erfassung der kleineren Strukturen hat sich die Konstruktion von Höhenlinienkarten für bestimmte Horizonte gut bewährt. Der Arbeit von HOPPE (1960) liegt eine Karte für die Basis des Plattendolomits bei, aus der besonders deutlich der Sattel von Tiefenort und Dippach und die rheinische Mulde von Unterbreizbach hervorgehen. Letztere ist be-

reits aus der geologischen Karte 1 : 100 000, die DIETZ für das Werra-Kaligebiet gibt, zu erkennen. Im Anschluß an die Mulde von Unterbreizbach folgen nach Westen einige Sättel und Mulden, die zwischen der rhönischen und der rheinischen Richtung in ihrem Streichen pendeln. Die Aufnahme dieser Strukturen erfolgte bei der Buntsandsteinkartierung in den Jahren 1958 und 1959. Die N - S-streichende Ausbacher Mulde, die zwischen dem Salzhang im Norden und der herzynischen Mulde von Soisdorf-Ufhausen im Süden auf eine Länge von 10 - 12 km auftritt, nimmt den zentralen Teil des Untersuchungsgebietes ein. Sie wird im Westen durch den Sattel von Schenklengsfeld und im Südosten durch den Ulster-Sattel begrenzt. Westlich der Solz liegt die Wüstfelder Mulde und der Mahnberg-Sattel in rheinischer Streichrichtung vor. Durch die Auslaugung des Zechsteinsalinars am Rande der Lagerstätte - dem Salzhang - ist die normale Lagerung gestört und die Aufnahme läßt keine Deutung auf die primäre Tektonik zu. Dieses Gebiet wurde nicht weiter untersucht. Im Süden muß noch die Soisdorf-Ufhausener Mulde, die sich auf eine Länge von 8 km von Oberufhausen bis nach Borsch in Thüringen in herzynischer Richtung erstreckt, behandelt werden. Sie weist in ihrem nordöstlichen Flügel mit 10^{o} ein verhältnismäßig flaches Einfallen auf, während der südwestliche Schenkel mit ungefähr 35^{o} abtaucht. Diese Mulde wird von einer zweiten, der Eiterfelder-Großentafter Mulde, durch die Steigeraufwölbung getrennt. Der südwestliche Muldenflügel der Soisdorf-Ufhausener Mulde geht mit 20^{o} Anstieg in den nordöstlichen Schenkel der Steigeraufwölbung über. Dagegen taucht die südwestliche Flanke dieses Sattels nur mit 5^{o} in die Eiterfelder-Großentafter Mulde ab. Das nördliche Ende der Mulde liegt bei Eiterfeld, während der südliche Muldenschluß sich nicht klar unter der starken Basaltbeschotterung erkennen läßt. Dieser ist aber wohl am Dach-Berg südlich von Rasdorf zu suchen. Die Mulde kann sich evtl. auch auf das Kartenblatt Spahl fortsetzen. Westlich der Eiterfelder-Großentafter Mulde schließt sich im südöstlichen Kartenblatt Eiterfeld

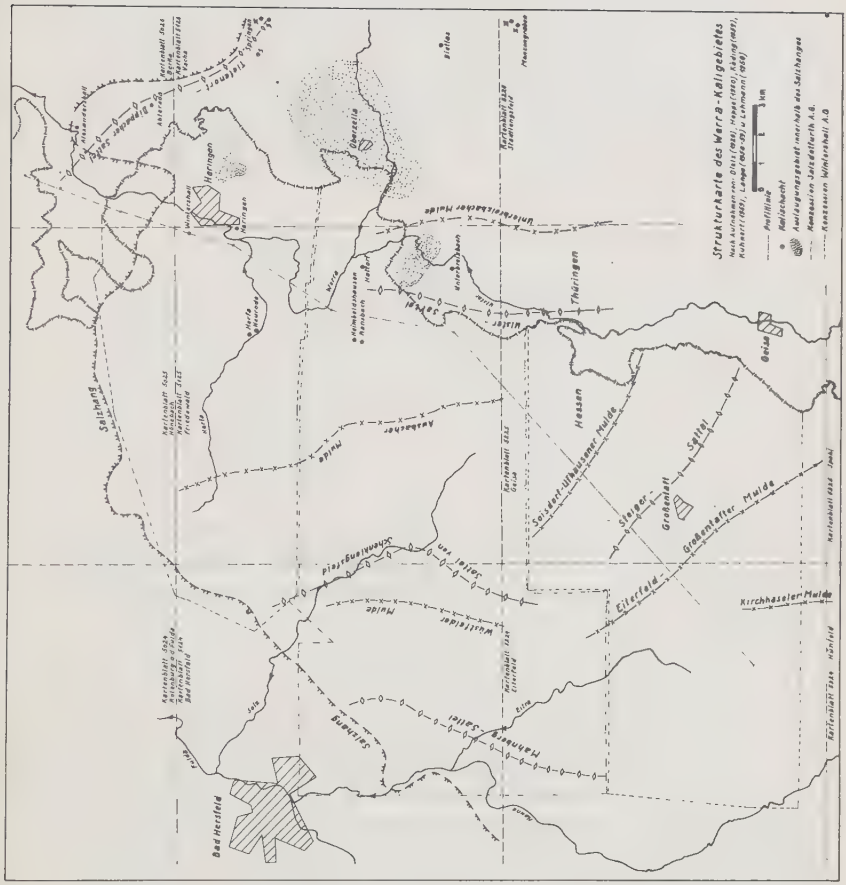
die Mulde von Kirchhasel an, deren Fortsetzung auf das Blatt Hünfeld fällt.

Es ergibt sich also ein Vorherrschen der rhönischen und der rheinischen Anlagen im zentralen Teil, während die herzynischen Sättel und Mulden das Untersuchungsgebiet an den Flanken einrahmen. Die vorliegende Strukturkarte für das hessische Werra-Kaligebiet im Maßstab 1 : 100 000 wurde nach den neuesten Kartierungsergebnissen von Chr. KUHNERT (1959), P. LANGE (1958/59), H. LOHMANN (1958) und dem Verfasser (1959) zusammengestellt.

Die weitere tektonische Beanspruchung des Gebietes erfolgte im Tertiär. HUMMEL (1929) stellte fest, daß in der kimmerischen Anlage kein grundsätzlicher Unterschied zwischen der herzynischen und der rheinischen Richtung besteht, wenn auch die herzynische Richtung bevorzugt auftritt. Während des Miozäns herrscht dagegen vorwiegend N - S-Druck. Die Vulkanite nehmen dieser Druckrichtung entsprechend hauptsächlich N - S-Streichen ein. Einzelne anders streichende Vulkanitgänge, z.B. das Umschlagen des Streichens aus der N - S- in die herzynische Richtung in den Gängen östlich von Eiterfeld, lassen aber erkennen, daß auch die herzynische und die erzgebirgische Richtung nicht völlig unterdrückt werden. Ein weiterer Richtungswechsel des Druckes erfolgte erst postvulkanisch in der letzten jungpliozänen Phase. Der Druck aus nordwestlicher Richtung läßt herzynisch streichende Spalten aufreißen. Gerade diese Spalten sind für die Lagerstätte von größter Bedeutung. Zum Teil können sie heute noch offen angetroffen werden. Vereinzelt führen sie Lauge, die sich beim Abbau als eine sehr unangenehme Begleiterscheinung bemerkbar macht. Wegen der allgemeinen Gefahr für die Gruben muß den Laugentropfstellen besondere Aufmerksamkeit entgegengebracht werden. Wenn auch die Druckrichtung nachvulkanisch hauptsächlich aus Nordwesten erfolgte, so ist es doch durchaus möglich, daß genau wie im Miozän auch einzelne Spalten in entgegengesetzter Richtung gelegentlich eine Wiederbelebung erfuhren. Besonders gut kann man diesen Fragen innerhalb der Salzlagerstätte nachgehen, da

hier die verheilten bzw. offenen Klüfte Rückschlüsse auf den Ablauf der Druckrichtung schließen lassen. Im Grubengebiet des Schachtes Hattorf konnte ich an einem 170° streichenden Vulkanitgang westlich der Hera-Strecke in der 4. Südstrecke in Revier 7 im Bereich des Tonlösers des Flözes "Hessen" postvulkanisch eine Bewegung in herzynischer Richtung feststellen. Der Vulkanit trägt einen 40° streichenden Harnisch, dessen Striemung mit 10 - 12° nach Südosten einfällt. Der Versatz beträgt 20 cm. Bei der Aufnahme der Verwerfungen im über Tage anstehenden Mesozoikum machte sich die schlechte Gliederung des Buntsandsteins besonders nachteilig bemerkbar. Jedoch konnten unter Anwendung der neueren Gliederung eine Reihe von Verwerfungen auskartiert werden. Die Störungen fallen sehr oft mit unter Tage aufgeschlossenen Vulkanitgängen zusammen. Bei der Buntsandsteinkartierung im nördlichen Konzessionsgebiet der Wintershall AG wurden drei Hauptkluftrichtungen, erstens in N - S-Richtung, die zwischen 170° (rhönisch) und 20° (rheinisch) schwanken kann, zweitens in NW - SE-Richtung (herzynisch) und drittens in NE - SW-Richtung (erzgebirgisch) festgestellt. Im wesentlichen folgen auch die Störungen diesen drei aufgeführten Hauptkluftzonen. Es ließt ich also feststellen, daß die Spalten hauptsächlich rheinisches, herzynisches und untergeordnet auch erzgebirgisches Streichen besitzen. Sie sind prävulkanisch angelegt worden. Sie haben aber in vulkanischer und postvulkanischer Zeit verschiedentlich eine Wiederbelebung erfahren, die dann wohl nach HOPPE (1960) auf Zerrungsvorgänge zurückzuführen ist. Lediglich die atektonischen Störungen, die durch die Salzauslaugung herbeigeführt wurden, weichen von dem einheitlichen Bild ab und haben für diese Betrachtung keinerlei Bedeutung.

HUMMEL (1929) kommt auf Grund der Konstruktion der Höhenlinien der Röt - Muschelkalkgrenze zu dem Ergebnis, daß die Heraushebung der Spessart-Rhönachse an der Grenze vom Pliozän zum Pleistozän erfolgte. Dieses tektonische Hochgebiet umfaßt die Hohe Rhön und setzt sich in NNE - Richtung in das Ruhlaer Kristallin des Thüringer Waldes fort.


Strukturkarte des Werra-Kaligebietes
Hessen
Thüringen
Bad Hersfeld
Eitertal
Kirchhasler Mulde
Grabentaler Mulde
Sattel
Graben
Sprung
Salzhang
Werra
Ulster
Solz
Mahnbach
Wasserlauf
Jahrmarktsfeld
Oberzella
Hattorf
Heringen
Geba

Die Heraushebungsachse wird jeweils von den bestehenden Sätteln und Mulden beeinflußt. Von der Hohen Rhön steigt sie in die Meininger-Eiterfelder Mulde hinab und hebt sich im Bereich des Ruhlaer Kristallins wieder hinauf. Die Heraushebung beendet an der Wende vom Pliozän zum Pleistozän die Sedimentation in die jungtertiäre Mulde des Rhöngebietes. Im Miozän wird eine Einmuldung oder zumindest an einigen Stellen eine Vertiefung in der Landoberfläche bestanden haben, die die miozänen Süßwassersedimente aufgenommen hat.

3.22 Ein SW - NE-verlaufendes Übersichtsprofil

Von Südwesten nach Nordosten wurde ein Übersichtsprofil (Anlage 1) durch die Deckschichten der Salzlagerstätte des Zechsteins gelegt. Das Profil beginnt im Südwesten südwestlich der Ortschaft Malges, verläuft danach durch den Vulkanit des Rückers-Bergs und schneidet die herzynische Mulde von Eiterfeld senkrecht zur Muldenachse. Im weiteren Verlauf wird der Steiger-Sattel und die Soisdorf-Ufhausener Mulde gleichfalls senkrecht zum Streichen durchquert. Die Eiterfelder Mulde und die Soisdorf-Ufhausener Mulde laufen parallel und sind durch den Steiger-Sattel getrennt. Die gesamte Anlage stellt das nordwestliche Ende der Meininger-Eiterfelder Mulde dar. Bei der stark gestörten Soisdorf-Ufhausener Mulde muß noch erwähnt werden, daß die große Verstürzung des Mesozoikums sicherlich nicht nur auf tektonische Beanspruchung zurückzuführen ist. Nach den neuesten Ergebnissen einer Bohrung östlich von Treischfeld muß damit gerechnet werden, daß über größeren Teilen der Soisdorf-Ufhausener Mulde das Zechsteinsalz bereits abgelaugt wurde. Die Bohrung hat kein Salz vorgefunden, sondern sie erbrachte lediglich eine über 100 m mächtige Einsturzbrekzie. Aus der Bohrung lassen sich noch keine gültigen Aussagen für die gesamte Soisdorf-Ufhausener Mulde machen. Wo aber die gleichen stark verstürzten Triasgesteine angetroffen werden, kann mit einem ähnlichen Resultat gerechnet werden. Aus der Soisdorf-Ufhausener Mulde steigen die Schichten langsam nach Nord-

westen an, wobei das Grenzgebiet zu der Ausbacher Mulde erreicht wird. Zwischen der Bohrung Glaam und der Störung im Werratal ändert sich die Richtung des Profils nach Nord. Dabei wird der östliche Teil der Ausbacher Mulde noch einmal flach angeschnitten. Vom Werratal nach Nordosten erfolgt ein stetiger Anstieg des Buntsandsteins bis zum Salzhang, der etwa nordöstlich der Bohrung Widdershausen 2 beginnt. Das Profil wurde nach denselben Unterlagen wie die Strukturkarte angefertigt.

Die wichtigsten Einzelvorkommen der Vulkanite des hessischen Werra-Kaligebietes:

1: Vulkanit als Spaltenfüllung westlich Wüstfeld

2: Vulkanit der Spalte bei Mengers

3: Vulkanit der Hard

4: Vulkanit am Wasserbehälter nördlich Kirchhasel

5: Vulkanit am Stein östlich Kirchhasel

6: Vulkanit am Fürsteneck

7: Vulkanit der Gangzone östlich Eiterfeld. Aufschlüsse in den Steinbrüchen Hartmann und Glotzbach sowie im Pfaffental

8: Vulkanit östlich Neuwirtshaus

9: Vulkanit am Stall-Berg

10: Vulkanit am Mors-Berg

11: Vulkanit am Hübels-Berg

12: Vulkanit am Dreien-Berg südlich Friedewald

13: Vulkanit als Spaltenfüllung östlich von Motzfeld

14: Vulkanit der Burg Landeck

15: Vulkanit östlich Oberlengsfeld

16: Vulkanit am Trumbachsköpfchen

17: Vulkanit und Tuffvorkommen am Dach-Berg südlich Rasdorf

18: Vulkanit westlich Lautenhausen

19: Vulkanit südwestlich von Lautenhausen

20: Vulkanit nördlich Wehrshausen

21: Vulkanit südwestlich Wehrshausen

22: Vulkanit des Sois-Berges

23: Vulkanit des Kirch-Berges bei Rasdorf

24: Vulkanit vom Nordhang des Hellen-Berges

25: Vulkanit südwestlich Ransbach mit Spaltenfüllung

26: Vulkanit westlich Hohenroda

27: Vulkanit südwestlich Hohenroda

28: Vulkanit nördlich von Hohenroda mit Spaltenfüllung

29: Vulkanit als Spaltenfüllung westlich der Hera-Strecke des Kaliwerkes Hattorf und in der südlichen Abteilungsstrecke nach Westen im Grubengebiet des Kaliwerkes Herfa

30: Vulkanit der Gangzone in der Hauptstrecke nach Südwesten auf dem Werk Hattorf

31: Vulkanit der Gangzone in der vierten südwestlichen Abteilungsstrecke auf dem Werk Hattorf

32: Vulkanit als lakkolithartiger Körper auf der oberen Sohle des Kaliwerkes Unterbreizbach

33: Vulkanit der Gangzone im westlichen Grubengebiet des Kaliwerkes Wintershall

34: Vulkanit des Wackenbühl

35: Vulkanit der Gangzonen östlich der Hauptstrecke nach Norden im Grubengebiet des Kaliwerkes Hattorf

36: Vulkanit im Ulstertal südlich von Philippsthal

37: Vulkanit der erbohrten Gangzone im östlichen Grubenfeld des Kaliwerkes Hattorf

38: Vulkanit südlich Dankmarshausen

39: Vulkanit an der Kirche in Widdershausen und des mittleren Gangzuges im Grubengebiet des Kaliwerkes Wintershall

40: Vulkanit der Gangzone westlich der Strecke 62 des Kaliwerkes Wintershall

41: Vulkanit der Gangzone östlich der Strecke 62 des Kaliwerkes Wintershall

42: Vulkanit des Öchsen

43: Vulkanit und Schlotbrekzie von Vitzeroda

Übersichtskarte des Werra-Kaligebietes
0 1 2 3 km
Kalischacht
Konzession Salzderhelden A.G.
Konzession Winkelhall A.G.
Vulkanit über Tage
Vulkanit unter Tage
Vulkanit magnetisch nachgewiesen
Vulkanit vermutet
Tiefbohrung
Thüringen
Hessen
Bad Hersfeld
Heringen
Eisenach
Gerstungen
Creuzburg
Großenlüder
Fulda
Ulster
Werra

4.0 Die Erfassung der einzelnen Aufschlüsse des tertiären Vulkanismus im hessischen Werra-Kaligebiet

Zur Übersicht wurden alle bekannten Vulkanite des hessischen Werra-Kaligebietes in einer Karte im Maßstab 1 : 100 000 dargestellt. Bei der Betrachtung erkennt man vorwiegend 170° streichende Störzonen, die von dem tertiären Vulkanismus als Aufstiegswege benutzt wurden. Zwischen die über größere Entfernung durchhaltenden rhönisch streichenden Vulkanite schalten sich N - S-verlaufende Gangzüge ein, die aber nur über kurze Distanzen nachgewiesen sind. In der Übersichtskarte wurden neben den über Tage anstehenden Vulkanitkuppen, Schlotbrekzien und Tuffen auch die Gänge, die in den Grubenbauen der Kaliwerke angefahren wurden, zur Darstellung gebracht. Außerdem konnten einige Vulkanite, die in der Tiefe in unterschiedlicher Höhe steckengeblieben sind und magnetisch nachgewiesen wurden, der Betrachtung beigefügt werden.

Die magnetische Vermessung rundet das Gesamtbild des Vulkanismus ab. Aus der Karte geht eindeutig hervor, daß der Vulkanismus des nördlichen Rhönvorlandes sich vorwiegend an die 170° (rhönisch) streichenden Kluftzonen hält. In einem gewissen Abstand treten mehrere von Süd nach Nord über einige Kilometer in der Länge durchhaltende Gangzonen auf. Nach Süden, zum eigentlichen Magmenherd der Rhön, nimmt die vulkanische Tätigkeit erheblich zu. Neben den in größerer Zahl auftretenden Gängen erscheint eine Reihe von Schloten, die im Gelände beachtliche Kuppen bilden. Im östlichen Gebiet konnten nahe der thüringischen Grenze auch 10° streichende Gänge im Kaliwerk Wintershall beobachtet werden. Abgesehen von den Vulkaniten Nr. 41 und Nr. 37 ließen sich keine 10° gerichteten Vulkanitgänge erfassen. Nur die Gänge in Eiterfeld (Nr. 7) weichen von dem Gesamtbild ab. Bei Eiterfeld sind aber die besonderen Bedingungen bei der Intrusion der Vulkanitgänge nahe der Oberfläche zu berücksichtigen, wie sie im einzelnen noch beschrieben werden.

Es hat sich also gezeigt, daß im gesamten Gebiet keine andersstreichenden Vulkanitzüge als die beschriebenen vorhanden sind. Besonders die magnetische Vermessung, die im Auftrage der Salzdetfurth AG von FISCHER, JACKISCH, RAUTER und SCHWARZ (1959/60) und für die Wintershall AG durch Dr. KUTSCHER und WENDLER (1960) vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung in Wiesbaden durchgeführt wurde, hat dieses Bild weitgehend gefestigt. Während VOGELSANG nach einer magnetischen Vermessung aus dem Jahre 1954 die Vulkanite des Sois-Berges und die westlich von Hohenroda noch auf einer 40^{o} streichenden Spaltenzone verbindet, muß festgestellt werden, daß eine solche Zone nicht nachzuweisen ist. VOGELSANG hatte seinerzeit keine sehr große Anzahl von Stationspunkten für die magnetische Auswertung zur Verfügung, so daß er eine erzgebirgische Verbindung noch als gerechtfertigt ansah. In der älteren Literatur tritt wiederholt die Ansicht auf, daß evtl. einzelne Vulkanite auf herzynischen Spalten verbunden werden können. Betrachtet man die beigefügte Isanomalenkarte des südlichen Gebietes, so kann man mit Sicherheit sagen, daß außer den dargestellten Kluftzonen keine andersstreichenden Kluftzonen mit vulkanischem Material gefüllt wurden.

Die Karte gibt weiterhin das allmähliche Ausklingen des Rhönvulkanismus nach Norden wieder. Während wir es im Süden in der Hauptsache mit Schloten zu tun haben, erscheinen im Norden nur noch einzelne Schlote, die den Gangzonen aufsitzen. Außerdem zeigt die Karte im Norden relativ zu viele Vulkanite, denn im Norden konnten die Ergebnisse von unter Tage ausgewertet werden. Im südlichen Gebiet, dem Schürffeld Treischfeld und dem Reservefeld Mansbach von der Wintershall AG, liegt zur Zeit noch kein Abbau vor, so daß in diesem Bereich nur die über Tage bekannten Aufschlüsse und die magnetisch vermessenen Spalten und Schlote zur Darstellung gelangten. Da aber eine nur 1 - 2 m breite magmatische Spaltenfüllung durch einige 100 m Deckgebirge in den Meßgeräten nicht mehr wahrgenommen wird,

muß für die vermessenen Gangzonen angenommen werden, daß die die Anomalien erzeugenden Störkörper nahe unter der heutigen Oberfläche steckengeblieben sind. Außerdem darf demnach auch mit einer Zunahme der gefüllten Spalten zur Tiefe gerechnet werden.

Zum Schluß soll noch erwähnt werden, daß östlich der Linie Heringen - Unterbreizbach plötzlich rheinische Spaltenfüllungen auftreten. Nach Thüringen nimmt die Zahl der 10^{o} streichenden Gangzonen zu. Im einzelnen konnte dieser Frage nicht nachgegangen werden. Auf der Linie Heringen - Unterbreizbach scheint sich aber die Hauptstreichrichtung der Gangzonen von 170^{o} nach 10^{o} zu ändern.

Zur besseren Übersicht bei der speziellen Betrachtung wurden die Einzelvorkommen der Vulkanite mit Zahlen belegt, die in der Kartendarstellung 1 : 100 000 gleichfalls zur Anwendung gelangen.

4.1 Die Aufschlüsse der Vulkanite über Tage

Eine große Anzahl von Schloten, Schlotbrekzien und einzelnen Decken sowie von Tuffen sind im Gebiet bekannt. Gelegentlich wurde das eine oder andere Vorkommen in einer speziellen Arbeit beschrieben. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde nicht jeder einzelne Aufschluß eines Vulkanites behandelt. Besonderes Interesse bestand für die Kluftzonen, die mit vulkanischem Material gefüllt sind. Hierbei war die Frage nach dem Durchhalten der Spaltenfüllungen über mehrere Kilometer in der Länge von größerem Interesse. Die Vulkanite des Schürffeldes Treischfeld und des Reservefeldes Mansbach hat KUHNERT (1960) in seiner Diplomarbeit bereits zusammenfassend besprochen.

Inzwischen hat sich aber die Auswertung der magnetischen Vermessung im Rahmen der Gesamtbetrachtung als sehr ergiebig erwiesen. Im folgenden erfahren nur einzelne Vorkommen eine kurze Beschreibung.

4.11 Vulkanitgänge (Nr. 7) östlich Eiterfeld in den Steinbrüchen Hartmann und Glotzbach sowie im Pfaffental

In den Kalkbrüchen östlich Eiterfeld stehen einzelne Vulkanite in Form von Gängen an. Man erkennt im Steinbruch Hartmann nördlich der Straße nach Ufhausen einen 10° streichenden Gang. Den Vulkanit selbst beschreibt KUHNERT (1960) als einen 80 cm mächtigen Gang, der besonders in den oolithischen, eisenreichen Bänken der Terebratelzone deutliche Kontaktwirkungen am Nebengestein hervorgerufen hat. Die Kontakte in der oolithischen Zone sind dunkelrot gefärbt und reichen maximal 60 cm ins Nebengestein. Am südlichen Stoß sieht man, wie der eigentliche Gang, der aus dem Liegenden kommend, an einer durchgehenden Bank halt macht, sich parallel zur Schichtung des Wellenkalks auf einem dünnen Tonhäutchen in Millimeterbreite bewegt, um dann im Hangenden erneut eine seitlich versetzte größere Spalte zu füllen. Auf diese Weise müssen auch die beiden merkwürdigen etwa 20 cm großen eiförmig gebildeten Körper ungefähr 2 m östlich des Ganges erklärt werden. Das Magma wird auf feinen Haarrissen in die freien Hohlräume eingedrungen sein.

Im Steinbruch Glotzbach südlich der Straße streicht ein Gang in rheinischer Richtung. An der nordöstlichen Wand des Kalkbruches sieht man das plötzliche Abbiegen aus dem rheinischen Streichen in die Richtung 115°, die auf 5 m beibehalten wird. Danach springt der Gang ebenso messerscharf in die rheinische Richtung zurück. Der Gang ist am südwestlichen Stoß zweigeteilt. Es sind vom Magma keine über mehrere Kilometer glatt aufgerissenen Spalten benutzt worden, sondern der fiederförmige Charakter der Klüfte tritt immer wieder auf. Der Gang läßt sich der südlichen Wand des Kalkbruches Glotzbach bis ins Pfaffental verfolgen. Im Pfaffental ist der Kontakt recht unscharf ausgebildet und es schwimmen Muschelkalkbrocken im Vulkanit. Die aktive Kraft des Magmas war an dieser Stelle nicht mehr stark genug, um die hangenden

Muschelkalkschichten zu durchbrechen. Der Vulkanit hat nur noch die hangenden Wellenkalkbänke etwas aufgewölbt.

Das auf kurze Distanz auftretende Springen des Vulkanits in eine andere Streichrichtung wurde lediglich an dieser Stelle beobachtet. Zur Erklärung kann man annehmen, daß das Magma offene Spalten benutzen konnte, die in der Nähe der damaligen Landoberfläche vorhanden waren. In der Generalstreichrichtung liegen die Gänge auf einer 170° streichenden Zone, die vom Vulkanit südlich des Rückers-Berges bis zum Vulkanit des Fürstenecks reicht.

4.12 Vulkanit (Nr. 12) des Dreien-Berges südlich Friedewald

Am Dreien-Berg südlich der Ortschaft Friedewald ist im Wellenkalk ein Schlot erschlossen, der von mehreren Eruptionsfolgen benutzt wurde. Der ausgesprengte Schlot besitzt deutlich zwei Magmenschübe. Am westlichen Kontakt sind die Wellenkalkschichten zum Schlot hin eingebrochen. Der erste Vulkanitschub wird von drei N - S-streichenden Gängen durchzogen. Am mittleren, etwa 2 m breiten Gang, stehen die Säulen senkrecht auf den Gangwänden, so daß die Abkühlung nicht unmittelbar an der Oberfläche erfolgt sein kann. M. RICHTER (1935) konnte an rheinischen Basalten auf Erstarrungsformen des Magmas aufmerksam machen, die parallel zur Abkühlungsfläche auftreten. An den guten Aufschlüssen des Ganges vom Dreien-Berg ließen sich solche Formen leider nicht feststellen.

4.13 Vulkanit- und Tuffvorkommen (Nr. 17) am Dach-Berg südlich von Rasdorf

Südlich von Rasdorf ist am Dach-Berg das einzige Tuffvorkommen im Arbeitsgebiet bekannt. Der Dach-Berg selbst besteht aus einem halbkreisähnlichen, magmatischen Kern, der von einem mächtigen Tuffmantel umgeben wird. Außer den Tuffen zeigen die von langgezogenen und eingeregelten Blasen durchzogenen Vulkanite den Gasreichtum der geförderten Schmelze an. Die von RINNE (1887) aus den Tuffen

entnommenen Phonolithbrocken enthielten 4,75 % K_2O und 7,33 % Na_2O. Auf dem Dach-Berg wird der von RINNE bestimmte Feldspatbasalt von den Tuffen überlagert. Die Tuffe stellen also die jüngere Folge dar. Außerhalb des Schlotes liegen die Tuffe teilweise auf Unterem Keuper und zum anderen auf den Ceratitenschichten. Es zeigt sich auch hier, daß während des Vulkanismus der Untere Keuper oder zumindest noch der Muschelkalk in der Umrandung des Schlotes vorhanden war. Bei den Phonolithbrocken muß es unentschieden bleiben, ob sie von einem in der Tiefe steckengebliebenen Phonolith stammen oder von einem Phonolitherguß, der zur Zeit der Vulkanitintrusion bereits an der Oberfläche lag. Es wird sich aber sicher um einen steckengebliebenen Phonolith handeln, da in der weiteren Umgebung und unter dem Tuff kein Phonolith gefunden wurde.

4.14 Vulkanit (Nr. 36) an der Eselskuppe im Ulstertal bei Philippsthal

Bei der Aufnahme des Blattes Friedewald hat von KOENEN (1877) an dieser Stelle einen Basanit kartiert. Er erwähnt aber bereits Einschlüsse von größeren Blöcken Wellenkalk und von gefrittetem, grobkörnigem Buntsandstein. Nachdem 1939 bei Bauarbeiten der Bahneinschnitt an der Eselskuppe erweitert wurde, konnte ein größerer Aufschluß freigelegt werden. Die Sedimenteinschlüsse wurden von NAUMANN (1950) beschrieben. Er fand in der Schlotbrekzie Oberen Zechstein, Buntsandstein, Muschelkalk und Unteren Keuper sowie hellgraue, stark zersetzte Granitbrocken. Die von NAUMANN beschriebenen Crinoidenstielglieder aus dem mo_1 stellen keine Seltenheit dar und können nach längerer Suche immer wieder in der Brekzie festgestellt werden. Danach muß die Sedimentdecke auf jeden Fall zur Zeit des Vulkanismus bis zum Oberen Muschelkalk in der Umgebung der Eselskuppe vorhanden gewesen sein. Nimmt man die gelblichen, dolomitischen und ockerbraunen Kalke als Unteren Keuper an, so muß auch dieser noch über dem Schlot gelegen haben. In der Brekzie der Eselskuppe

sind also alle Sedimentgesteine vertreten, die heute noch an einigen Stellen des Gebietes angetroffen werden. Da der Schlot der Eselskuppe sich im Niveau des Mittleren Buntsandsteins, und zwar im Bereich des Spessart Plattensandsteins befindet, fehlen bis zum Unteren Keuper einschl. etwa 340 m. In der Umgebung des Schlotes lagern die Buntsandsteinbänke ganz normal und fallen nur mit wenigen Graden nach Südwesten ein. Die Sedimente müssen während des explosiven Ausbruches und später von den Seitenwänden in den Schlot gestürzt sein. Eine tektonische Deutung, wie sie GRUPE für die jüngeren Sedimente der Schlotbrekzien gibt, ist an diesem Aufschluß schlecht möglich, da eine präexistierende Spalte nicht nachzuweisen ist. NAUMANN (1950) erwähnt in der Schlotbrekzie noch einzelne Einschlüsse aus einem hellgrauen, mürben Granit, den er auf einen in der Tiefe anstehenden Granit bezieht. Wenn auch keine anderen Spuren aus dem Rotliegendkonglomerat gefunden wurden, so ist es doch naheliegender, die Granitbrocken bis zur endgültigen Klärung aus dem Konglomerat zu beziehen.

4.15 Schlotbrekzie und Vulkanit (Nr. 43) von Vitzeroda

Dieser ansehnliche, nahezu elliptische Krater von 600 m Länge und 400 m Breite wurde bereits von mehreren Bearbeitern beschrieben. Mir war es nicht möglich, diesen sicherlich sehr interessanten Aufschluß auf der Thüringer Seite zu besuchen. Es handelt sich um einen großen Durchbruchskanal, in den größere Blöcke des hangenden Deckgebirges gestürzt sind. Eine 200 m lange Scholle von Muschelkalk liegt im Bereich des Unteren Buntsandsteins. Leider ist das Vorkommen fast vollständig abgebaut worden. CLOOS (1941) beschreibt aus dem Jusi und dem Aichelsberg in Schwaben Juraschollen, die in viel tieferen Schichten gefunden werden. Es handelt sich dabei nach CLOOS um Schollen, die bei dem langsamen Vortasten des Magmas als gesamte Scholle in die Tiefe gesunken sind.

Es wurden von BÜCKING (1925) in den Erläuterungen zum Blatt Vacha neben der eigentlichen großen Scholle auch

viele kleine Bruchstücke von vor allem Mittleren und Oberen Muschelkalk beschrieben. Ebenso befindet sich Röt und Mittlerer Buntsandstein in der Brekzie. Keuper wurde von keinem Bearbeiter gefunden. Demnach wurde die ehemalige Landoberfläche von der obersten Stufe des Muschelkalks gebildet. Der jetzige Aufschluß liegt in der Sandsteinfolge des su. Es sind die Wechselfolge des su, der Mittlere und der Obere Buntsandstein und der Muschelkalk der Abtragung zum Opfer gefallen. Die Gesamtmächtigkeit der abgetragenen Schichten erreicht damit etwa 560 - 580 m. Nach dem Vulkanismus wurden erhebliche Teile der Sedimentbedeckung entfernt. Der gewaltige Krater spricht für die große explosive Kraft, die dem Magma innegewohnt hat. Zuerst wird der Krater von einer Gasexplosion bis zur Erdoberfläche freigeschossen sein. Danach stürzte eine Menge Sedimentmaterial in den Schlot. Die Brocken konnten später von den Magmenschüben verbacken werden.

Neben den Basalttuffen beschreibt BÜCKING (1925) einen festen und dichten Basalt mit zahlreichen Olivineinsprenglingen, der in seiner hauptsächlich aus Augit, Magneteisen und braunem Glas zusammengesetzten Grundmasse auch noch etwas Nephelin enthält. Es liegt nach BÜCKING ein dem Limburgit nahestehender Nephelinbasanit oder Feldspatbasalt vor.

4.2 Die Aufschlüsse der Vulkanite in den Kaligruben unter Tage

Im hessischen Werra-Kaligebiet sind die tertiären Vulkanite und ihre Begleiterscheinungen in allen Kaliwerken angetroffen worden. Über die Vulkanite des Grubengebietes von Unterbreizbach auf der Thüringer Seite stand nur die Literatur zur Verfügung. Im allgemeinen treten die Vulkanite in 0,5 - 1,0 m mächtigen Gängen auf, und ihr Streichen pendelt zwischen 170° und 15°. Andersstreichende Gangzonen sind mir auf der hessischen Seite nicht bekannt geworden. In der Begleitung der Vulkanite befinden sich Spalten, Schlechten und Schnitte. Sie verlaufen in ihrem Streichen den Gängen parallel. Sie kommen aber auch in

herzynischer und untergeordnet in erzgebirgischer Richtung vor. Die Spalten sind meist 10 - 20 cm breit. Sie treten selten auf. Dagegen erscheinen sehr oft 1 - 2 cm schmale Spältchen, die mit sekundären Salzmineralien verheilt sind und im Bergbau als Schlechten bezeichnet werden. Für feine, geschlossene oder nur wenige Millimeter offene Haarrisse wird der Name Schnitte gebraucht. Beiderseits einer Gangzone treten oft Kohlensäureracheln auf, die sehr häufig an die Schnitte gebunden sind. An solchen Stellen ist das Salz mehr oder weniger mit Kohlensäure imprägniert und zeigt weitgehende petrochemische Umwandlungen. Beim Anfahren der mit Kohlensäure imprägnierten Salze wird durch den Schießvorgang das Entweichen des Gases unter hohem Druck verursacht. Danach zeigen sich im Salz Hohlräume, die Racheln genannt werden und zum Teil recht erhebliche Ausmaße besitzen.

Die Gasausbrüche stellen den Kalibergbau im Werragebiet vor besondere Aufgaben. An dieser Stelle sei nur an den großen Gasausbruch von Menzengraben in Thüringen vom Juli 1953 erinnert, bei dem 65 000 t Salz in die Strecke geworfen wurden und nach Schätzungen etwa 700 000 m^2 CO_2 entwichen sind. Durch das zentrale Schießen von über Tage ist heute die Gefahr für die Bergleute weitgehend gebannt.

4.21 Die Aufschlüsse der Vulkanite von unter Tage des Kaliwerkes Hattorf

Im Grubengebiet des Kaliwerkes Hattorf bei Philippsthal an der Werra wurden bisher sechs Vulkanitgänge angefahren und eine weitere Gangzone im östlichen Grubenfeld erbohrt. Alle Aufschlüsse liegen auf der oberen Sohle im Flöz Hessen oder im liegenden bzw. hangenden Steinsalz. Da auf der unteren Sohle im Flöz Thüringen zur Zeit noch sehr wenig Salz abgebaut wird, konnten nur die Ausläufer des N - S-streichenden Ganges (Nr. 30), der östlich der 5. südlichen Abteilungsstrecke aus der Weststrecke auftritt, in Form von Schnitten und Racheln festgestellt werden. Die Übersichtskarte zeigt, daß die Häufigkeit der

Gänge von Süden nach Norden abnimmt. Im südlichen Grubengebiet befinden sich sechs Gänge, während wir im Norden nur noch drei Gänge beobachten. Der mit 170° streichende Gang (Nr. 29) westlich der Hera-Strecke setzt sich in das Grubenfeld von Herfa-Neurode fort. Bei den Gängen östlich der Hauptstrecke nach Norden (Nr. 35) und dem erbohrten Gangsystem (Nr. 37) im östlichen Grubenfeld von Hattorf ist dies nicht nachzuweisen, da im Feld Heringen der Gewerkschaft Wintershall noch kein Abbau an diesen Stellen vorliegt. Es ist aber zu vermuten, daß sich beide Vulkanite nach Norden fortsetzen, zumal bei der Kartierung über Tage eine Störungszone erfaßt wurde, die mit dem Gang (Nr. 35) östlich der Hauptstrecke nach Norden zusammenfällt.

4.211 Vulkanit des Ganges (Nr. 25) in der 3. Südstrecke westlich der Ransbach-Strecke

Bei der magnetischen Vermessung über Tage wurde ein magnetischer Störkörper südlich von Ransbach bekannt, der in der nordsüdlichen Fortsetzung der Vulkanite westlich und südwestlich von Hohenroda liegt. Während der Aufschlußarbeiten in der 3. Südstrecke nach Westen konnte mit der Zorizontalbohrung Nr. 39 der von dem Vulkanit südlich Ransbach nach Norden streichende 65 cm breite Gang erfaßt werden. In der nördlich zur erstgenannten parallelverlaufenden 2. Südstrecke ist kein Vulkanit mehr angetroffen worden. Ob der Gang zwischen den Vulkaniten von Hohenroda und dem magnetisch erfaßten Vulkanit südlich Ransbach auftritt, wird erst der zukünftige Abbau zeigen. Nach anderen Aufschlüssen zu urteilen, wird der Gang aber vorhanden sein. Bei der Durchörterung wurde in der 3. Südstrecke nur sehr wenig Kohlensäure angetroffen. Die K_2O % gehen bis unmittelbar an den Kontakt des Ganges heran. Das Lager ist durch den Vulkanit etwa 3o cm mit hochgeschleppt, und in einzelnen Lagen tritt reichlich Polyhalit auf. In der südlichen Begleitstrecke befindet sich im Niveau des Lösers ein 40 - 45° streichender Harnisch, der aber keinen größeren Versatz des Ganges verursacht hat.

4.212 Vulkanit des Ganges (Nr. 28) westlich der Ransbach-Strecke in der 5. Südstrecke

Bevor der Abbau unter Tage an den Vulkanit gelangte, war dieser über Tage bereits als Schlot bekannt. Die erdmagnetische Vermessung ergab einen lakkolithartigen Störkörper neben dem eigentlichen Schlot. Von der 5. Südstrekke wurden vier Horizontalbohrungen zur Erkundung des Vulkanits nach Westen gestoßen. Hatte man mit einem mächtigen Vulkanitkörper im Bereich der Anomalie gerechnet, so wurde aber in den beiden nördlichen Bohrungen lediglich ein erweiterter Vulkanitgang mit einer Mächtigkeit von 1,65 m in der Horizontalbohrung 33C und in der Horizontalbohrung 33B von 2,60 m festgestellt. In der Horizontalbohrung 33C liegt der erbohrte Gang sogar westlich der Anomalie. Der die Anomalie erzeugende Störkörper muß also demnach oberhalb der vier Horizontalbohrungen anstehen. Lediglich in der Horizontalbohrung 33D konnte die Ausweitung des Ganges auf 33 m beobachtet werden. Leider ist die Horizontalbohrung 45 nach Erreichen des Vulkanits eingestellt worden. Aber es ist zu vermuten, daß der Gang an dieser Stelle nicht mehr als einige Meter mächtig wird. Die vier Bohrungen und die Aufschlüsse in der 5. Südstrecke haben ergeben, daß im Niveau des Lagers keinesfalls bereits ein Schlot ausgesprengt ist, sondern die Aufschlüsse zeigen deutlich, daß der Vulkanismus auf 170° bis 10° streichenden S palten auftritt. In höheren Stockwerken kann über einer Aufweitung gelegentlich ein kreisrunder bis ellipsenförmiger Schlot ausgesprengt werden. Das Magma mußte erst eine bestimmte Höhe unterhalb der Erdoberfläche erreicht haben, ehe die explosive Kraft für die Aussprengung eines Schlotes groß genug war.

In der HB 33D, sowie in der HB 33B und in der HB 33C treten in verschiedenen Abständen Gasschnitte vor und hinter dem Vulkanit auf. In den beiden nördlichen Bohrungen wurde das Lager im Bereich der Gangzone vertaubt angetroffen, und wiederholt erscheinen Schnitte und Schlechten, die mit Polyhalit verheilt sind. Die HB 33D dagegen er-

reichte den Vulkanit ungefähr 20 m oberhalb des Lagers. Die gangartige Aufweitung erfolgt auf ungefähr 150 m. Es ist anzunehmen, daß die maximale Weite des Ganges in der HB 33D erreicht ist, da in der HB 45 der östliche Kontakt erst weiter westlich nachgewiesen wurde. Beim Bohren traten bei 50 m, 35 m und 10 m östlich des Vulkanits mehrere Gasstöße auf. Ex wurden Gasdrücke bis zu 5 at gemessen. P. LANGE (1960) beschreibt in einem Bohrprofil der HB 33C von Osten ausgehend zuerst unregelmäßig begrenzte, kompakte Vulkaniteinlagerungen im Steinsalz. Danach konnten noch 1 m gebändertes mittelgraues Steinsalz und Kieseriteinlagerungen beobachtet werden, ehe der kompakte Vulkanit einsetzt. Zur Bohrlochachse verlaufen im Vulkanit Klüfte parallel, die mit Steinsalz verheilt sind. Der Kontakt zum Steinsalz ist unregelmäßig ausgebildet und zeigt einen Olivinanflug auf den angewitterten Kontaktflächen. In 2 m Entfernung vom östlichen Kontakt befinden sich 20 cm Steinsalz im Vulkanit. In den folgenden 12 m des sehr feinkörnigen Vulkanits, der zahlreiche verheilte Klüfte enthält, treten oft bis zu 2 cm große unregelmäßig verteilte Steinsalzdrusen auf. Vom östlichen Kontakt 10 m entfernt stellte sich eine 5 cm breite Brekzienzone ein, die als postvulkanische Bewegungsfläche zu deuten ist. Nach 12 m feinkörnigem Vulkanit schalten sich 1,5 m Steinsalz ein. Es handelt sich um ungeschichtetes, wahrscheinlich rekristallisiertes hellgraues Steinsalz, in das zahlreiche bis zu 5 cm große, scharfkantige Vulkanitbrocken eingelagert sind. Fast alle Brocken zeigen einen grünlich bis gelben Verwitterungsanflug, der aus zersetztem Olivinmaterial besteht. Dem Steinsalz folgt eine 1 m breite Vulkanitbrekzie mit einem uneinheitlich ausgebildeten Bindemittel, in dem Steinsalz, Kieserit, Olivin und andere vulkanische Verwitterungsprodukte zu erkennen sind. Nach weiteren 2,5 m kompakter Gangfüllung erscheint stark zerklüfteter, z.T. brekziös ausgebildeter Vulkanit von 5,5 m Mächtigkeit. An Bindemitteln treten die bereits aufgeführten Minerale auf. Die anschließenden 6 m wenig geklüfteter Vul-

kanit zeigen nur vereinzelt Steinsalzdrusen. Den Abschluß nach Westen bildet wiederum eine 1,5 m breite Brekzie, die außer den genannten Mineralien auch Anhydrit im Bindemittel führt. Der westliche Kontakt zum hellgrauen, rekristallisierten Steinsalz ist unscharf begrenzt. Das weiter westlich aufgeschlossene Steinsalz ist ein mittelgraues, gebanktes Salz.

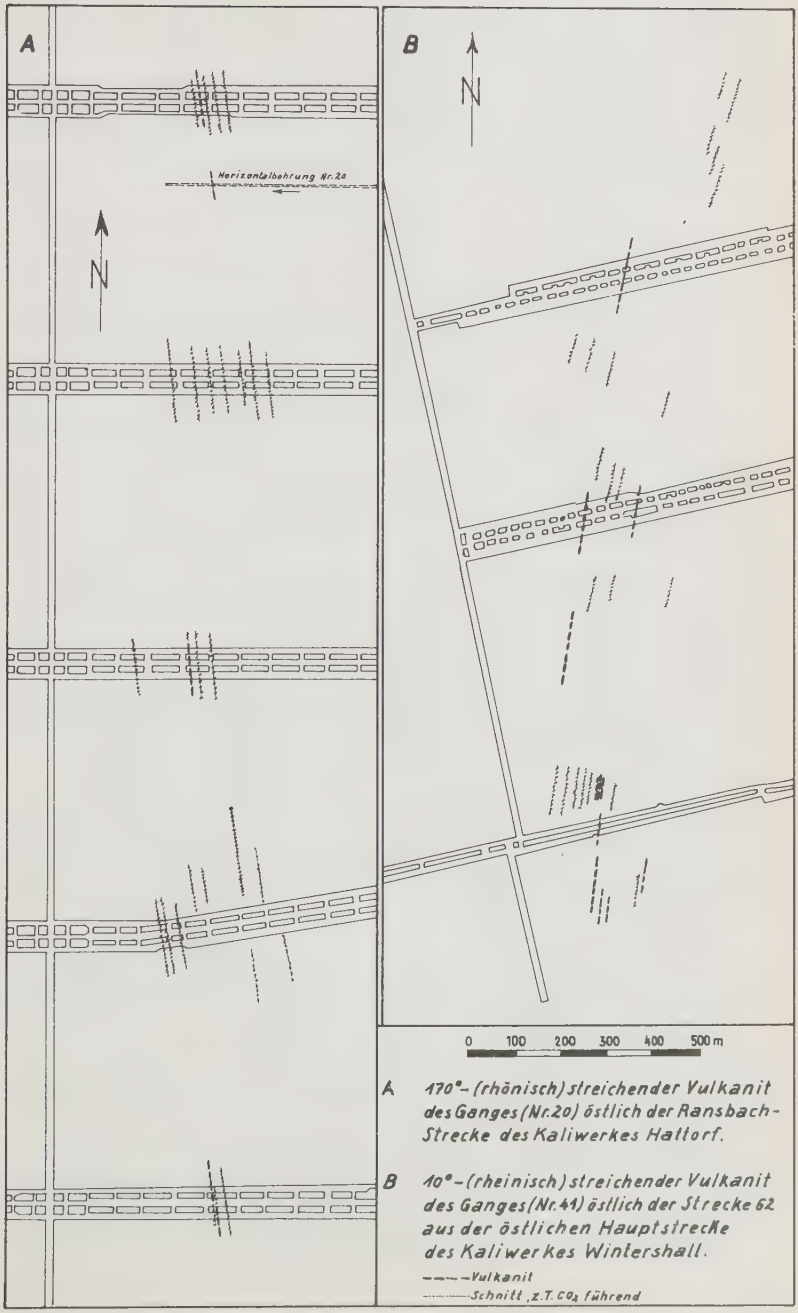
Auf die Lage des lakkolithartigen Störkörpers soll bei der Betrachtung der erdmagnetischen Vermessung genauer eingegangen werden. Es sei nur erwähnt, daß DIETZ (1928) aus dem Grubengebiet von Unterbreizbach einen 90 - 100 m mächtigen Vulkanitkörper beschreibt, der auf einem ca. 900 m in N - S-Richtung sich erstreckenden Gang im Lagerniveau des Flözes Hessen aufsitzt.

4.213 Vulkanit des Ganges (Nr. 29) westlich der Hera-Strecke

Der Hauptzug westlich der Hera-Strecke ist auf eine Länge von 3,5 - 4 km aufgeschlossen. Es fällt besonders auf, daß der Gang immer nach ungefähr 1 - 1,5 km auskeilt und in einen parallelen Schnitt überspringt, wobei jeder Sprung nach Osten erfolgte (Seite 47 , Abb. A). Unter Tage ist mir kein Fall bekannt geworden, in dem ein herzynisches oder erzgebirgisches Gangstück zwei parallel versetzte Gänge verbindet, wie dies im kleinen Maßstab über Tage in dem Kalkbruch Glotzbach östlich Eiterfeld festgestellt wurde. Es kann wohl daran liegen, daß diese Zonen unter Tage nicht aufgeschlossen sind, da meist vertaubtes Salz die Gangzonen begleitet. Wahrscheinlicher aber ist, daß ein solches andersstreichendes Verbindungsstück gar nicht besteht. Denn es ist anzunehmen, daß lediglich nahe der Oberfläche, wie dies beim Gang östlich Eiterfeld der Fall ist, die Streichrichtung ohne große Schwierigkeiten mit scharfem Kontakt aus der rheinischen in die herzynische Richtung wechseln kann.

In der 5. Südstrecke westlich der Hera-Strecke und in den begleitenden Abbauen macht sich der Gang bereits in Form von Schnitten und Kohlensäurenestern bemerkbar.

In der 4. Südstrecke setzt der Gang dann mit 40 cm Breite ein. An diesem Aufschluß liegt im Niveau des Tonlösers eine Bewegungszone mit mylonitisiertem Vulkanitmaterial vor. Der Harnisch streicht mit 40 - 45°, und die Striemung fällt mit 10 - 12° flach nach Südosten ein. Diese Bewegung hat postmagmatisch stattgefunden und dürfte auch zur Wiederbelebung der herzynischen Spalten beigetragen haben. Ein Teil der herzynischen Spalten steht heute noch offen, und gelegentlich tritt aus solchen Spalten Lauge aus. In der 3. Südstrecke wurde ein 30 cm breiter Gang durchfahren, der sich im Bereich der Hauptstrecke um 3,5 m nach Westen in einem parallelen Schnitt fortsetzt. Der östliche Gang keilt zur Streckenmitte in eine verheilte Schlechte aus, während etwa 3,5 m westlich eine am südlichen Stoß noch mit Steinsalz gefüllte Schlechte nach Norden in einen Vulkanitgang übergeht. Im Lagerniveau ist am nördlichen Stoß der Vulkanit durch eine Rachel auseinandergerissen. Die 2. Südstrecke durchzieht ein 20 cm starker Gang (170°/80° W) mit scharfem Kontakt. Die begleitenden Schnitte und Racheln setzen sich bis zur 1. Südstrecke fort. An dieser Stelle wurde aber kein Vulkanit festgestellt. Erst in der Weststrecke tritt der Vulkanit auf einer weiter im Osten liegenden Schlechten- und Schnittzone erneut auf, wobei der Vulkanit nur in der südlichen Begleitstrecke ansteht und nach Norden in einen Bereich intensiver Gasausbrüche, die an zahlreiche Schnitte gebunden sind, übergeht. In der ersten Nordstrecke befinden sich ebenfalls nur Schnitte und Racheln. Die Racheln treten hauptsächlich in Begleitung der Kalilager auf. Die Rachel auf dem Foto Nr. 1 im Anhang verbindet die 1. Nordstrecke mit der nördlichen Begleitstrecke. Schmale Rachelöffnungen können sich zum Innern beträchtlich erweitern, und Hohlräume von einigen Metern Durchmesser sind hinter nur kleinen Öffnungen keine Seltenheit. Erst in der HB 20 und in der 2. Nordstrecke wurde die Gangzone erneut angetroffen. Hier benutzte sie auch diesmal eine gegenüber dem Gang in der Weststrecke weiter östlich liegende Schnittzone. Nördlich der 2. Nordstrecke



A 170°-(rhönisch) streichender Vulkanit des Ganges (Nr. 20) östlich der Ransbach-Strecke des Kaliwerkes Hattorf.

B 10°-(rheinisch) streichender Vulkanit des Ganges (Nr. 41) östlich der Strecke 62 aus der östlichen Hauptstrecke des Kaliwerkes Wintershall.

– – – – Vulkanit

——— Schnitt, z.T. CO_2 führend

gehen keine Abbaue mehr bis an den Vulkanit heran. Jedoch ist eine Fortsetzung des Ganges im Grubengebiet des Schachtes Herfa-Neurode zu finden. Beim Eindringen des Magmas wurden die Salzschichten am Kontakt mit nach oben geschleppt, wie dies das Foto Nr. 2 im Anhang am südlichen Stoß in der 2. Nordstrecke westlich der Hera-Strecke wiedergibt. Deutlich sind zwei verheilte Schnitte, die etwa 20 cm vom östlichen Kontakt entfernt sind, zu erkennen. Die Schnitte wurden beim Eindringen des Magmas mit emporgeschleppt. Die Schnitte müssen also schon vor der Magmenintrusion vorhanden gewesen sein. Zwischen den Schnitten und dem Kontakt ist im Salz keine Schichtung mehr erhalten. Das Salz wurde demnach umkristallisiert. Meist kann ein scharfer Kontakt zwischen den Vulkaniten und dem Salz festgestellt werden. Die kleine Apophyse auf dem Foto Nr. 2 ist sicherlich von oben in das zur Zeit der Intrusion sehr plastische Salz eingesunken.

Die Aufzeichnungen zeigen also, daß der 170° streichende Gangzug jeweils nach ungefähr 1 - 1,5 km absetzt und östlich davon in einer parallelen Schnittzone neu einsetzt. Zwischen zwei parallelen Schnittzonen, die mit Vulkaniten ausgefüllt sind, konnten keine andersstreichenden Verbindungsstücke festgestellt werden. Die Schnittzonen stellen Fiederspalten dar, die während des N - S-Druckes im Miozän aufreißen und mit Magma gefüllt werden. Da die Druckrichtung hauptsächlich in N - S-Richtung erfolgte, standen dem Magma keine anderen offenen Kluftsysteme zur Verfügung.

4.214 Vulkanit des Ganges (Nr. 30) in der Hauptstrecke nach Südwesten östlich der 5. südlichen Abteilungsstrecke

Der Vulkanit kommt in N - S-Streichrichtung von Süden aus dem Grubengebiet von Unterbreizbach und ist auf 1 700 m angetroffen worden. Der Gang hat eine maximale Breite von 70 - 80 cm. Sowohl westlich wie auch östlich begleiten den Gang zahlreiche Schnitte. Gasausbrüche mit Salzauswurf treten nicht in größerem Maße auf. Je-

doch sind einige Racheln vorhanden, in deren Umgebung zum Teil noch Gas entweicht. Häufig laufen die Gänge aus und setzen in parallelen Spalten wieder ein oder verdoppeln auf einige Meter die Mächtigkeit des Vulkanitganges. In der Hauptstrecke nach Südwesten treten im Bereich des Lagers Apophysen auf. Vereinzelt schwimmen auch bis zu 40 cm Durchmesser große Vulkanitfetzen scheinbar ohne Verbindung zum Gang im Salz. Das Salz ist in Kontaktnähe umkristallisiert und meist setzt erst nach 1 - 1,5 m die Schichtung im Salz wieder ein. Am südlichen Stoß treten der Hauptgang und der westlich davon 60 cm entfernt liegende Nebengang in die Hauptstrecke ein. Etwa 1 m über der Sohle werden beide Gänge durch einen 10 cm breiten Schlauch verbunden. Darüber sieht man an der Firste, wie durch feine Kanäle die Apophysen zum Teil gespeist werden. Ebenfalls befindet sich 4 m östlich vom südlichen Stoß eine Schlechte, die durch Ton und Steinsalz geschlossen wurde. Die Schichtung weist an der Schlechte einen kleinen Versatz auf, wobei der östliche Teil um einige Zentimeter abgesunken ist. An anderen Schnitten und Schlechten wurde gleichfalls beobachtet, daß jeweils der östliche Teil nach unten versetzt wird. Im Bereich der Kalilager ist der Kontakt zum Salz meist nicht so scharf wie im Steinsalz ausgebildet. Das Foto Nr. 3 im Anhang stammt aus den südöstlichsten Abbauen der 6. südöstlichen Abteilungsstrecke und zeigt das Eindringen des Magmas parallel zur Schichtung. Etwa 200 m bevor der Gang im Norden auskeilt, kommt es zu größeren CO_2-Ausbrüchen. Es ist auffällig, daß auch hier die Vertaubungszone zusammen mit den Gasausbrüchen eine Aufweitung erfährt. Unmittelbar bevor der Gang im Norden auskeilt, tritt eine Aufweitung des Vulkanits von 6 m im Lagerniveau auf. Die Aufblähung ist auf eine Stauchung des Magmas gegen das hangende Steinsalz zurückzuführen. Das weitaus plastischere Kalisalz wurde zur Seite gedrückt, und es kam zu einem lakkolithartigen Körper. Weiter im Norden hört die Gangfüllung aus Magma auf, und nur eine breite Schlechte setzt sich im Streichen des Vulkanites fort. Die Schlechte ist mit

schwefelhaltigen Salzen gefüllt. Nach BAUER ergab eine Analyse des Salzes 52 % Schwefel. Jedoch hört nach einigen Metern weiter im Norden auch die Schwefelführung auf, und nur noch kleine Kainit- und Langbeinitfunde erscheinen in der Schlechte. In der Verlängerung des Ganges läuft ein paralleles System von Schlechten und Schnitten bis in die Abbauörter nördlich der Hauptstrecke im Norden.

Auf der 2. Sohle wurden bisher im Flöz Thüringen noch keine Vulkanite angefahren. Eine große Anzahl von Schnitten und zahlreiche Kohlensäureausbrüche beweisen die Nähe des Ganges.

4.215 Vulkanit des Ganges (Nr. 31) in der 4. südöstlichen Abteilungsstrecke

Der Vulkanit durchzieht die 4. südöstliche Abteilungsstrecke sowie die nach Osten verlaufenden Abbaue. Der Gang ist nur in einer Länge von 200 m aufgeschlossen, da der Vulkanit nach Norden auskeilt. Die Verlängerung des Gangsystems nach Süden greift auf das Grubengebiet von Unterbreizbach über. Die Mächtigkeit des Ganges beträgt 40 cm. Im Lagerhorizont muß bei fast allen Vulkaniten mit Aufblähungen gerechnet werden. Die hohe Plastizität der Kalisalze dürfte neben der leichten Löslichkeit dafür ausschlaggebend sein. Wie bei den meisten Vorkommen, tritt in der Begleitung dieses Ganges reichlich Polyhalit auf. Die völlige Vertaubung ist aber nur in 1 - 2 m vom Kontakt entfernt eingetreten. Da das Hangende des Lagers carnallitisch ausgebildet ist, konnte sich sekundär Sylvin bilden. Der $MgCl_2$-Anteil des Carnallites ist gut löslich und wird deshalb leicht fortgeführt, wobei es zur Anreicherung von Sylvin kommt. Oft schwimmen einzelne Sylvinkristalle in dem gelblich gefärbten Carnallit. Die Mächtigkeit des Ganges nimmt nach Norden bis auf 15 - 20 cm ab. Danach keilt der Vulkanit aus. Das Gangsystem wird an einzelnen Schnitten versetzt, so daß der Vulkanit sich oft in einem parallelen Schnitt fortsetzen kann. Mit einem Sprung, dessen Versatz im Lager ungefähr 60 cm beträgt, endet der Gang nach Norden. Einzelne Schnitte und Schlechten lassen sich

aber bis über die Weststrecke verfolgen. 15 m nördlich des ausstreichenden Vulkanites befindet sich eine 8 cm breite Schlechte, in der überwiegend Polyhalit auftritt.

Der Vulkanit zeigt in der 4.südöstlichen Abteilungsstrecke am nordöstlichen Stoß eine interessante Erscheinung. Man erkennt, wie das Magma die Unstetigkeitsfläche des Tonlösers ausnutzt und jeweils nach Osten und Westen zwischen das Lager und das hangende Steinsalz einschiebt. Dabei entsteht ein lakkolithartiger Körper im Meterbereich. Der Gang setzt sich zum Hangenden fort. Die Verhältnisse in der 5. Südstrecke westlich der Ransbach-Strecke werden diesem Aufschluß sehr ähnlich sein. Nur ist das Magma hier in eine Schwächezone des hangenden Mesozoikums intrudiert. Die Kontakte zum Hangenden und Liegenden sind nicht scharf, sondern das Magma hat oft Verfaltungen des Lösers ausgeglichen.

4.216 Vulkanit des Ganges (Nr. 35) östlich der Hauptstrecke nach Norden

Der Gang ist auf eine Länge von 500 m an acht Stellen aufgeschlossen und streicht 170°. Die nördliche Begrenzung ist nicht festzulegen, da der Gang durch vertaubtes Salz führt, so daß keine Abbaue die verlängerte Streichrichtung des Vulkanites erreichen. Östlich der 11. nördlichen Abteilungsstrecke treten häufig Polyhalitlagen auf. Auf der westlichen Seite der 11. nördlichen Abteilungsstrecke befinden sich scharenweise Gasschnitte. Es haben hier erhebliche Gasausbrüche stattgefunden. Das Salz ist um die Auswurfstellen blätterförmig angeordnet. Ungefähr 140 m nach Westen reichen die Racheln und die Vertaubungszone. Es fällt auf, daß beide Erscheinungen in ihrer Begrenzung zusammenfallen. Danach setzt wieder eine K_2O-Führung von 8 - 9 % ein. In den Schlechten hat sich Ton und rekristallisiertes Steinsalz abgesetzt. Sehr wahrscheinlich ist der Ton durch die vulkanischen Wässer in die Schlechten gelangt. Der Vulkanit selbst ist in der Hauptstrecke nach Norden und in den Begleitstrecken durchörtert worden. Die Mächtigkeit des Ganges schwankt zwi-

schen 1,0 - 1,2 m, und der Vulkanit hat einen scharfen, geradlinigen Kontakt geschaffen. Ungefähr 5 m westlich durchzieht die Strecke eine 5 cm breite Schlechte. Von Osten her kommend schwankt die Breite der Vertaubungszone erheblich. Häufig tritt Polyhalit beiderseits des Vulkanites im Lagerniveau auf. Den Kontakt begleitet eine 15 cm starke Polyhalitschnur. Nach Süden nimmt die Mächtigkeit des Ganges ab. Östlich des Ganges traten reichlich Kohlensäureausbrüche auf, und es wurde grobkristallisiertes violettes und bläuliches Steinsalz, welches sekundär gebildet ist, gefunden. Da die Blaufärbung auf die Abspaltung von Na-Atomen infolge radioaktiver Strahlungen zurückzuführen ist, muß angenommen werden, daß die Begleitwässer des Vulkanismus die radioaktiven Stoffe mitgeführt haben. In der 1. südlichen Parallelstrecke zu der Hauptstrecke im Norden befindet sich eine besondere Erscheinung. Es hat sich der Vulkanit nach dem Erkalten des Magmas wie ein Keil in den unteren Teil des Ganges gesenkt. Auf diese Weise wurde die Mächtigkeit im Lager verdoppelt.

Die normale Mächtigkeit des Vulkanits ist gegenüber der Mächtigkeit in der Hauptstrecke im Norden auf 60 - 70 cm zurückgegangen. Östlich begleiten den Gang zahlreiche Gasschnitte. Die Vertaubungszonen sind nur schwach entwickelt. Auf der westlichen Seite reicht die K_2O-Führung bis an den Vulkanit, dagegen setzt diese im Osten erst nach 50 m erneut ein. In der 2. südlichen Parallelstrecke hat der Gang an Mächtigkeit verloren und keilt nach wenigen Metern aus. In der 3. südlichen Parallelstrecke konnte der Gang nicht mehr festgestellt werden. Am nördlichen Stoß steigt der Vulkanit in der 2. südlichen Parallelstrecke bis in das Niveau des Hartsalzlagers auf, biegt dann in der Horizontalen nach Osten ab, um erneut anzusteigen. In der Umbiegungsstelle befindet sich reichlich Polyhalit. Zahlreiche Kohlensäureracheln begleiten auch hier die Gangzone. Weiter im Süden liegen im Verlauf der Gangzone nur noch einzelne Schlechten und Schnitte.

Die Vertaubungszone liegt im nördlichen Bereich westlich

des Ganges, während sie im südlichen Teil auf der östlichen Seite vorgefunden wurde. Die Mächtigkeit nimmt von Norden nach Süden ab, und der Gang keilt, wie es das Foto Nr. 4 im Anhang bereits zeigt, im Grubengebiet nach Süden aus. Das nördliche Ende des Vulkanites konnte nicht festgestellt werden. Der Gang wird sich aber noch mindestens 100 m über das Grubenfeld hinaus nach Norden fortsetzen.

4.217 Vulkanit der erbohrten Gangzone im östlichen Grubenfeld des Kaliwerkes Hattorf

Dieser Gangzug ist nur aus den Horizontalbohrungen, die aus dem Grubenfeld nach Osten gestoßen wurden, bekannt. Der Bohrkern der HB 17 zeigt ein eigenartiges Profil. Es wurden in verschiedenen Abständen vor dem eigentlichen Gangzug Vulkanittrümmer im Steinsalz gefunden.

Die beschriebenen Bohrmeter liegen nach den Angaben von AHLBORN im Mittleren Werrasalz, also zwischen dem Flöz "Thüringen" und dem Flöz "Hessen". Der kompakte Vulkanit wurde an vier Stellen von Westen nach Osten mit einer Mächtigkeit von 0,7 m, 2,3 m, 0,5 m und 2,0 m angetroffen. Zusammen liegen diese vier Gänge mit weiteren vier Vulkanittrümmerzonen auf ungefähr 40 m Breite vor.

Die südlich von der HB 17 gelegene HB 9 hat ähnliche Verhältnisse angetroffen. Innerhalb der Bohrung verteilen sich auf 90 m Kernstrecke 8 Basalt- und Brekzienzonen.

An Hand des Bohrprofils konnte nicht entschieden werden, ob es sich um Oberes oder Mittleres Werrasalz handelt. Es ließ sich nicht feststellen, ob das Flöz "Hessen" zum Hangenden oder Liegenden abgetaucht ist. Die Bohrungen sollten das Lager für den weiteren Abbau nach Osten erkunden. Da sich die Auslaugungssenke von Oberzella in den Bohrungen bereits bemerkbar machte, wurde der Abbau im Ostfeld eingestellt. Die bei den Bohrmetern 456,3 m, 456,6 und 458,25 m genommenen Proben sind von KÜHN in der Kaliforschungsstelle in Hannover kristalloptisch untersucht worden. Die Untersuchung ergab:

456,3 m: NaCl und Polyhalit (hellbräunliches Salz)
sehr viel Polyhalit (graubräunliches Salz)
reiner Polyhalit (graues Salz)
456,6 m: Steinsalz, Sylvin, Polyhalit und sehr wenig Anhydrit sowie Kieserit.
458,25m: Etwas Tonsubstanz (Quarz ist nicht feststellbar) sonst 99 % Polyhalit.

Die Untersuchung zeigt, daß das Salz in der Nähe der Vulkanitgänge etwa die gleiche Ausbildung wie in den Schlechten und Schnitten besitzt.

In der HB 7 konnten nur zwei etwa 15 cm breite Basaltklüfte angetroffen werden. Leider geht aus den Aufzeichnungen nicht hervor, ob es sich um mit Vulkanitbrocken gefüllte Spalten oder nur um verheilte Schlechten handelt. Die Bohrung wurde bei 374 m eingestellt, da sie im Auslaugungsbereich steht und roten Ton und Trümmergebirge (Quarz, Dolomit und Letten) vorfand. In der südlich anschließenden HB 8 wurden nur noch Schlechten, die mit Polyhalit verheilt sind, angetroffen. Die Bohrung endete ebenfalls im Auslaugungsbereich und ergab ähnliche Ergebnisse wie die HB 7. Da in den beiden zuletzt aufgeführten Bohrungen jeweils in verstärktem Maße Tonsteine und Dolomit neben den üblichen Mineralien der Schlechten auftreten, läßt sich dies sicherlich auf die beginnenden Auslaugungserscheinungen zurückführen. Erst in der HB 11 befindet sich wieder ein 0,8 m breiter Vulkanitgang, der aber in der südlich gelegenen HB 13 nicht mehr durchteuft wurde.

Das Gesamtbild zeigt an der erbohrten Gangzone ein sehr diffuses Eindringen der Schmelze in die plastischen Salzgesteine. Während des Vulkanismus muß durch die allgemeine Wärmezufuhr das Salz noch plastischer geworden sein, so daß die Schmelze in einer Vielzahl von Gängen und Trümmerzonen eindringen konnte. Zum anderen könnte allerdings auch die Ablaugung eine Verstürzung der Gänge hervorgerufen haben.

4.22 Die Aufschlüsse der Vulkanite von unter Tage des Kaliwerkes Herfa-Neurode

Auf der Schachtanlage Herfa-Neurode waren keine Vulkanite bekannt. Jedoch wurden beim Auffahren der Strecken in der Verlängerung der Gangzone (Nr. 29) aus dem Grubengebiet des Werkes Hattorf Schlechten, Schnitte und Racheln festgestellt. Bei der Aufnahme konnten in der nördlichen Begleitstrecke der 1. südlichen Abteilung nach Westen Magmeneinschlüsse, die bis zu 4 cm Durchmesser erreichen, in einer verheilten Schlechte angetroffen werden. Einzelne makroskopisch erkennbare Olivine ließen die Vermutung auf vulkanisches Material zu. Die petrographische Auswertung eines Dünnschliffes ergab eine in Glasbasis erstarrte Schmelze, in der einzelne idiomorphe Olivine ausgebildet sind. Vor einigen Jahren ist bereits vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung in Wiesbaden eine Vermessung der Vertikalintensität des erdmagnetischen Feldes unter Tage über der Gangzone in der 1. nördlichen Abteilung nach Westen vorgenommen worden. Nach Angaben von KUTSCHER soll der ermittelte Störkörper etwa 30 - 40 m unterhalb des Flözes Thüringen steckengeblieben sein. Da an der vermessenen Stelle im Lagerniveau keine Magmeneinschübe mehr festgestellt wurden, wird die Schlechtenfüllung mit dem vulkanischen Material zwischen der 1. südlichen Abteilung nach Westen und der 1. nördlichen Abteilung nach Westen auskeilen. Der Gang ist somit in tieferen Stockwerken steckengeblieben. Wir treffen deshalb in der 1. nördlichen Abteilung nach Westen nur eine große Anzahl von Schnitten und Schlechten mit einem Streichen von 170° an. Daneben gibt es gleichfalls eine Reihe von herzynisch streichenden und untergeordnet von erzgebirgisch streichenden Schnitten. In der nördlichen Begleitstrecke folgen, von der schmalgesetzten Stelle im Westen ausgehend, nach Osten vier 170° streichende Schnitte. Die nächste etwa 5 cm breite Kluft wurde mit Steinsalz gefüllt, und es schwimmen gut ausgebildete Anhydritkristalle darin. Das Lager ist in der Schlechtenzone vertaubt, und es tritt in einzelnen Lagen des Lagers sowie in größeren Linsen sehr viel Polyhalit auf.

Einzelne Schnitte und Schlechten wurden ganz mit Polyhalit geschlossen. An die Schnitte sind größtenteils Racheln gebunden, die aber nur geringe Mengen Salz ausgeworfen haben. In der 1. nördlichen Abteilung nach Westen ließ sich also eine große Zahl von Schlechten und Schnitten feststellen, die die Strecke auf einer Breite von 200 m in rhönischer, herzynischer und erzgebirgischer Richtung durchstreichen. In der nördlichen Begleitstrecke zur 1. südlichen Abteilung nach Westen wurde eine mit Kainit und Steinsalz verheilte Spalte von 20 cm Breite beobachtet, in der 1 - 4 cm große Magmenknollen schwimmen. Die gesamte Schnittzone ist nicht so stark ausgeprägt wie in der 1. nördlichen Abteilung nach Westen. Auch konnte weniger Polyhalit festgestellt werden. Die Vulkanitproben wurden aus der 20 cm breiten verheilten Spalte am nördlichen Stoß aus der nördlichen Begleitstrecke entnommen. Es handelt sich hier um die Fortsetzung des Ganges (Nr. 29) aus der 2. nördlichen Abteilungsstrecke nach Westen des Kaliwerkes Hattorf.

Östlich des Schachtes Neurode wurde in der Grundstrecke nach Osten eine Laugentropfstelle angefahren. Die normale Lagerung ist in diesem Bereich gestört. Im Lagerhorizont des Flözes Thüringen schwimmen 1 - 2 m große gut geschichtete Steinsalzschollen. Nach einer mündlichen Mitteilung von Herrn Dr. ROTH konnte bei einer magnetischen Vermessung über der gestörten Zone ein stärkerer Ausschlag festgestellt werden. Die Vermutung liegt nahe, daß im Untergrund eine vulkanische Spaltenfüllung steckengeblieben ist. Gestützt wird die Annahme noch dadurch, daß die Tropfstelle genau in der nördlichen Verlängerung des Ganges (Nr. 30) des Kaliwerkes Hattorf liegt. Möglicherweise verursachten die thermalen Wässer des Vulkanismus die Beanspruchung des Flözes "Thüringen" und des Steinsalzes.

4.23 Die Aufschlüsse der Vulkanite von unter Tage des Kaliwerkes Wintershall

Im Grubengebiet des Schachtes Wintershall sind drei Gang-

züge angetroffen worden. Der östliche und der westliche Vulkanit liegen in der Verlängerung der beiden östlichen Gangzüge des Kaliwerkes Hattorf. Dem westlichen und dem mittleren Gang sitzen im Bereich der Grube Schlote auf, während der östliche Gangzug nur aus einer Schar paralleler Gänge besteht. Wurden bisher stets nur 170° - N - S-streichende Vulkanite beobachtet, so besitzt der östlichste im untersuchten Gebiet erschlossene Gangzug rheinisches Streichen. Im folgenden werden die drei Gangzüge von Westen nach Osten behandelt.

4.231 Vulkanit des westlichen Gangzuges (Nr. 33)

Der westliche Gangzug ist auf eine Länge von 2 700 m in rhönischer Streichrichtung erschlossen. Er stellt die Fortsetzung des Ganges (Nr. 35) aus dem Ostfeld des Kaliwerkes Hattorf dar und ist an sechs Punkten in E - W-Richtung durchfahren worden. Im Bereich der Markscheide Heringen, wo noch keine Aufschlüsse vorliegen, dürfte der Vulkanit vorhanden sein. Über Tage ist ein Schlot am Wackenbühl (Nr. 34) bekannt, der in der Grube in der Verlängerung der 4. nördlichen Abteilung nach Westen zu suchen ist. Ein weiterer Schlot mit einer vulkanischen Brekzie und verschiedenen Magmenschüben liegt etwa 10 km südlich im Ulstertal (Nr. 36) bei Philippsthal auf dieser Linie.

Zum westlichen Gangzug gehören die Aufschlüsse in der 1., 5., 7. und 9. nördlichen Abteilung nach Westen sowie der Aufschluß in der 1. südlichen Abteilung nach Westen. Außerdem befindet sich zwischen der 1. nördlichen Abteilung nach Westen und der 1. südlichen Abteilung nach Westen ein weiterer Aufschluß. In der 1. nördlichen Abteilung nach Westen ist der Hauptgang im Lagerniveau auf 3 m aufgeweitet, während er in der nördlichen Begleitstrecke, die im Steinsalz aufgefahren wurde, nur 1 m mächtig ist. 20 m östlich des Hauptganges erkennt man mehrere untereinander verbundene mit Vulkanit, Salz oder Ton gefüllte Spalten. An einigen Spalten sind geringe Verwerfungsbeträge zu erkennen. Etwa 55 m östlich erscheint eine mit vulkanischem

Material ausgefüllte Kluft. Noch weiter östlich konnten in 90 m Entfernung einzelne Schlechten von 2,5 cm Breite, die zum Teil mit blauem Kainit ausgefüllt sind, beobachtet werden. Alle Klüfte streichen 170° und stehen meist senkrecht. Nur die zuletzt aufgeführten fallen mit 30° nach Westen ein. Etwa 35 m östlich des Ganges beginnt die Vertaubung. Polyhalit und Kainit sowie CO_2-Ausbrüche konnten nur in geringem Maße festgestellt werden. Die Aufschlüsse in der 50 m nördlich liegenden diagonalen nordwestlichen Richtstrecke zeigen zwei parallele etwa 8 m auseinanderliegende Gangzüge, die mit 60° nach Osten einfallen. Die Fortsetzung des Vulkanites ist in der 5. nördlichen Abteilung nach Westen zu finden. Zwischen beiden Aufschlüssen liegt der Schlot des Wackenbühls. Der Abbau wurde wegen der allgemeinen Gefahren vor dem Schlot rechtzeitig eingestellt. Die Vertaubung östlich des Lagers beginnt in der 5. nördlichen Abteilung nach Westen bereits 50 m vor dem Vulkanit. In der 7. nördlichen Abteilung nach Westen konnten zwei Gänge in einer Entfernung von 22 m sowohl in der im Lagerhorizont stehenden Abbaustrecke als auch in der im liegenden Steinsalz aufgefahrenen Abteilungsstrecke festgestellt werden. Der stärkere östliche Gang mit 30 cm Mächtigkeit kommt aus dem liegenden Steinsalz und teilt sich im Lagerbereich in zwei parallele Gänge mit je 60 cm Breite. Die scharfen Kontakte, wie sie im liegenden Steinsalz zu beobachten sind, werden durch unregelmäßige und diffuse Gangbegrenzung abgelöst. Die Vulkanite zeigen deutlich eine postvulkanische Beanspruchung. Der im liegenden Steinsalz erschlossene östliche Gang (Foto Nr. 5 im Anhang) ist in viele kleine 10 - 15 cm hohe und 20 - 25 cm breite Stücke zerbrochen, wobei der mittlere Teil anschließend aus seiner normalen Lage etwas nach Westen verstellt wurde. Die dabei entstandenen Spalten sind mit rekristallisiertem Steinsalz verheilt. Parallellaufende Schnitte zeigen ebenfalls keine Verwerfungsbeträge bis zu 10 cm. Die ziemlich regelmäßig erfolgte Zerreißung könnte auch infolge der Abkühlung des Magmas entstanden sein. In der nördli-

chen Begleitstrecke befand sich nur noch ein einfacher Gang, der allerdings 1 m mächtig ist. Eine Vielzahl von Schnitten läuft mit 170° Streichen dem Vulkanit parallel. Ungefähr ab 35 m beginnt in östlicher und westlicher Entfernung die Vertaubung des Lagers.

4.232 Vulkanit des mittleren Gangzuges (Nr. 40)

Der mittlere Gangzug setzt erst im Grubengebiet von Wintershall nördlich der 1. nördlichen Abteilung nach Osten ein und ist dann in allen weiteren nördlichen Strecken angetroffen worden. Der Gang tritt bei Dankmarshausen in Thüringen zutage. Auch unterhalb der Kirche in Widdershausen hat man den Vulkanit gefunden.

Im Grubengebiet zählen die Aufschlüsse in der 2. nördlichen Abteilung nach Osten, westlich der Strecke 62, in der Alexandershaller Strecke und in der 7. nördlichen Abteilung nach Osten sowie der Aufschluß auf der 2. Sohle in der 2. nördlichen Abteilung nach Osten dazu. In der 2. nördlichen Abteilung nach Osten, westlich der Strecke 62, wurde ein 30 cm breiter Gang durchfahren, der jedoch im Lagerniveau eine starke Aufwulstung erfahren hat. Es konnte immer wieder festgestellt werden, daß das Magma im Bereich der Kalilager seinen sonst scharfen Kontakt aufgibt und einige Meter weit in das Lager eindringt. Die Wässer und die hohe Temperatur des Magmas müssen die leichter löslichen und bei geringeren Temperaturen schmelzenden Kalisalze beseitigt haben. Anschließend drang das Magma ein. In diesem Falle wurde das Lager in östlicher und westlicher Richtung beseitigt, und der Vulkanit nimmt eine Breite von 5 m ein. Über dem Lager befindet sich an dieser Stelle ein carnallitisches Begleitflöz. Durch den Vulkanit und seine Begleitwässer wurde der Carnallit in der Nähe des Ganges in sekundären Sylvenit, der durch blaues Steinsalz bläulich gefärbt ist, umgewandelt. An der Kontaktfläche zeigt sich eine eigenartig gefleckte Brekzie aus weißem und rotbraunem Steinsalz, aus Vulkanitbrocken und aus einem Polyhalit-Steinsalzgemenge. Die Vul-

kanitklüfte zeigen Anflug von Hämatit. Östlich vom Kontakt erscheinen Tropfstellen von Öl an der Firste.

In der Alexandershaller Strecke streicht der Gang in der nördlichen Fortsetzung des letzten Aufschlusses N - S. Der 30 cm breite Gang hat das Liegende des Lagers mit scharfem Kontakt durchschlagen. Dagegen treten weiter im Norden in der 7. nördlichen Abteilung nach Osten, östlich der Strecke 68, zwei parallele Gänge am südlichen Stoß in die Strecke ein. Der westliche Vulkanit mit einer Mächtigkeit von 15 cm verringert seine Stärke zum nördlichen Stoß auf 5 cm. Dagegen wird der 1 m östlich liegende Gang, der am südlichen Stoß 30 cm breit ist, nach Norden 50 cm stark. Diese Erscheinung kann immer wieder beobachtet werden. Der westliche Gang keilt von Süden kommend aus, während der östliche an Mächtigkeit gewinnt und den Gangzug nach Norden fortsetzt. Der Vulkanut benutzt lediglich eine parallele Kluft. In diesem Falle wurde der Vulkanit nach Osten versetzt. Beide Gänge haben das Salz jeweils um 15 - 20 cm verworfen, wobei der westliche Teil abgesunken ist.

Auch auf der 2. Sohle ist der Vulkanit in der 2. nördlichen Abteilung nach Osten im Flöz Thüringen durchörtert worden. Östlich und westlich begleiten ihn zahlreiche CO_2-Racheln. Das Flöz "Thüringen" scheint wesentlich stärker in Kontaktnähe durchbewegt zu sein, als dies im Flöz Hessen auf der 1. Sohle der Fall ist. Am östlichen Stoß beschreibt WOLTER (1953) eine starke Anreicherung einer gelblichen und rötlichen Gesteinsmasse, die aus Dolomit und Polyhalit besteht. Auf der 2. Sohle wird die Verfaltung prävulkanisch sein, da der Vulkanit selbst an keiner Stelle beansprucht vorgefunden wurde. Das Lager ist etwa ab 80 m vom Kontakt entfernt an K_2O-Prozenten verarmt, und der K_2O-Gehalt hört in der Nähe des Ganges fast ganz auf. Der Vulkanit der 2. Sohle fällt, wenn man ihn auf die 1. Sohle projiziert, zwischen die Aufschlüsse in der Alexandershaller Strecke und in der 7. nördlichen Abteilung nach Osten, östlich Strecke 38.

4.233 Vulkanit des östlichen Gangzuges (Nr. 41)

Der östliche Gangzug unterscheidet sich von allen bisher besprochenen bereits durch seine Streichrichtung (Abb. B, Seite 47). Während alle übrigen rhönisches oder N - S-Streichen aufweisen, finden wir in diesem Gangzug rheinisches Streichen vor. Außerdem wurde nicht nur einmal ein Gang in westöstlicher Richtung durchfahren, sondern es treten gleich jeweils mehrere Gänge parallel auf. Die östlich erbohrte Gangzone im Kaliwerk Hattorf weist sicherlich gleichfalls rheinisches Streichen auf.

Aus der älteren Literatur über das Thüringer Gebiet geht hervor, daß fast alle Gangzonen mit 10^{o} streichen, und es konnten lediglich einzelne N-S- sowie rhönisch streichende Gänge in Thüringen festgestellt werden. Wenn die Angabe in der Karte 1 : 100 000, die DIETZ (1928) für den Vulkanit mit rheinischer Streichrichtung bei Unterbreizbach gibt, stimmt, so dürfte von diesem Vulkanit eine rheinische Spaltenzone über den östlichen Gang (Nr. 36) von Hattorf zum östlichen Vulkanit (Nr. 41) des Werkes Wintershall führen. Leider wird der in der Karte von DIETZ aufgeführte östliche Vulkanit aus dem Grubengebiet des Schachtes Unterbreizbach von ihm im Text der Arbeit nicht weiter beschrieben. Der erbohrte Gang (Nr. 37) von Hattorf und die zu beschreibenden Aufschlüsse haben auf jeden Fall die Vielzahl der parallelen Gangzüge in westöstlicher Richtung gemeinsam. Die beigefügte Übersichtskarte der Vulkanite läßt erkennen, daß wir es westlich der Linie Unterbreizbach - Heringen mit 170^{o} und N - S-streichenden Gängen zu tun haben, während es östlich der Linie wohl vorwiegend 10^{o} streichende Gänge gibt. Leider sind mir die Aufschlüsse auf der Thüringer Seite nicht bekannt.

Zum östlichen Gangzug zählen die Aufschlüsse in der 2. südlichen Abteilung nach Osten, östlich Strecke 61, in den Querörtern 19 - 21 südlich der 1. südlichen Abteilung nach Osten, in der 1. südlichen Abteilung nach Osten, östlich Strecke 62, in dem Querort 14 nördlich der 1. süd-

lichen Abteilung nach Osten, in der östlichen Hauptstrecke östlich Strecke 67, in der 1. nördlichen Abteilung nach Osten, östlich Strecke 71 und in der 2. nördlichen Abteilung nach Osten, östlich Strecke 75 sowie die Aufschlüsse auf der 2. Sohle in der Nullstrecke nach Osten und in der 2. nördlichen Strecke nach Osten. Wegen der Vielzahl der Aufschlüsse soll hier nur an einzelnen Stellen das wichtigste beschrieben werden. Im Querort 19 südlich der 1. südlichen Abteilung nach Osten ist der Gang mit einem Streichen von 10° durchfahren worden. Im südlich anschließenden Querort 20 befindet sich etwa 100 m östlich ein zweiter Gang, der aber in der 1. südlichen Abteilung nach Osten in etwa 100 m Entfernung nach Norden nicht mehr angetroffen wurde. Im Querort 21 konnten neben dem Hauptgang im Abstand von 10 m zwei weitere Gänge ebenfalls in rheinischem Streichen erfaßt werden. Der westlich gelegene 10 cm starke Hauptgang wird am nördlichen Stoß im Lagerniveau bis auf 40 cm aufgebläht. Östlich wie westlich befinden sich große Polyhalitanhäufungen mit bis zu 50 cm Durchmesser. Im Innern der Vulkanitaufweitung und auch im ziemlich stark beanspruchten Teil des Ganges weiter nördlich im Querort 20 und 19 treten in bemerkenswerter Menge rötliche Hämatitanflüge und gelbe schwefelhaltige Ausblühungen sowie Anhydrit und Polyhalit auf. Am südlichen Stoß ist der Gang im Begleitflöz 2 m aufgeweitet. Östlich davon sind am mittleren Gangzug 5 - 10 cm große Knollen von Anhydrit und Gips im Steinsalz gefunden worden. Einzelne parallellaufende Schlechten können ganz mit Polyhalit verheilt sein.

Erwähnenswert erscheinen auch die drei ziemlich gleichmäßig ausgebildeten Gänge im Querort 14 östlich der Strecke 62. Alle drei liegen in einem Abstand von 2 m. Der mittlere steht seiger, während die beiden anderen mit 80° nach Westen einfallen. Westlich dieser Gänge treten zahlreiche Ölspuren und Ölflecke im Salz auf. Das Öl zirkuliert auf rheinischen Klüften, die in sehr regelmäßigen Abständen von 1 - 3 m vorhanden sind. Einer der Schnitte

zeigt einen Versatz der östlichen Partie. Das Öl ist wahrscheinlich bei der Durchdringung des Magmas durch den Kupferschiefer und durch andere bituminöse Horizonte gecrackt worden. Danach konnte es auf den Spalten und Schlechten ins Salz aufsteigen.

In der 1. nördlichen Abteilung nach Osten wurden zwei parallele Gänge erfaßt, die etwa 120 m auseinanderliegen. Der östliche Gang ist in der nördlichen Begleitstrecke im Lagerniveau erschlossen. In dem als Hartsalz entwickelten Lager bildete sich eine größere Aufweitung. Jeweils 3,5 m von dem 60 - 80 cm breiten Gang entfernt, schiebt sich das Magma lagergangartig in das Hartsalz ein (Foto Nr. 6 im Anhang). Durch spätere Bewegungen ist der intrusive Vulkanit mehrmals zerrissen. Analysen von sekundären Salzen aus der näheren Umgebung des Kontaktes ergaben nach WOLTER (1953) vorwiegend Steinsalz, Kainit, Polyhalit und Carnallit. In der 2. nördlichen Abteilung nach Osten konnte nur noch der westliche Gang durchfahren werden. Es läßt sich hieran erkennen, daß im Gegensatz zu den rhönischen Gängen bei den rheinischen jeweils das nördliche Gangstück nach Westen versetzt wird, während es bei den rhönischen Gängen umgekehrt der Fall ist. Deshalb erreicht nur der westliche Gang aus der 1. nördlichen Abteilung nach Osten die 2. nördliche Abteilung nach Osten, denn der östliche Gang keilt zwischen beiden Strecken aus. Es streicht eine Schnittzone noch nachweisbar über 500 m nach NNE, denn in den Abbauen zwischen der 1. und 2. nördlichen Abteilung nach Osten sowie in den Querörtern 30 - 41 westlich der Strecke 92 wurden sehr viele CO_2-Ausbruchsstellen auf dieser Linie festgestellt, die zum Teil beträchtliche Ausmaße erreichen.

Die 2. Sohle liefert ebenfalls Aufschlüsse in diesem Gangzug. Der Vulkanit in der Nullstrecke nach Osten liegt etwa 60 m unter den Aufschlüssen der 1. Sohle in der 1. nördlichen Abteilung nach Osten. Es wurden zwei Gänge wie auf der 1. Sohle angetroffen. Zwischen den beiden etwa 20 cm mächtigen Gängen, die 120 m auseinanderliegen,

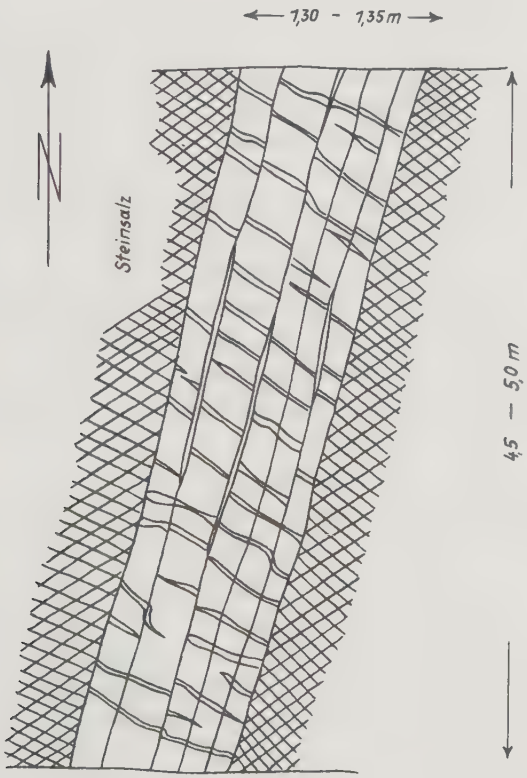
treten eine Reihe von herzynischen und rheinischen Schlechten und Schnitten auf. Die herzynischen Schlechten und Schnitte müssen während des Vulkanismus geschlossen gewesen sein, denn nur die rheinischen Schnitte sind mit Polyhalit verheilt. Ein Versatz zwischen rheinischen und herzynischen Schnitten und Schlechten konnte nirgends nachgewiesen werden. Etwa auf der Hälfte zwischen beiden Gängen befindet sich eine etwa 5 cm breite Schlechte, die im Niveau der Streckensohle auf 10 cm aufgeweitet ist und mit Magma gefüllt wurde.

Nördlich der Nullstrecke wurden in der 2. nördlichen Strecke nach Osten zwei Gänge der östlichen Gangzone durchfahren. Der westliche Gang ist ungefähr 80 cm mächtig und besitzt einen scharfen Kontakt. Beiderseits des Ganges befindet sich ein 5 - 10 cm breites Salband. Zwischen dem westlichen und dem östlichen Gang erkennt man eine Reihe von Schnitten mit geringen Versetzungsbeträgen, die fast alle mit Polyhalit gefüllt sind.

Der östliche der beiden Gänge hat eine Mächtigkeit von 1,20 - 1,30 m. Auf den Kluftzonen des Vulkanits wurde Hämatit ausgeschieden. Am Kontakt erkennt man reichlich Polyhalit. Es treten auch einzelne bis 10 cm breite herzynische Schlechten auf. Der 10^{o} streichende östliche Gang wird durch 10^{o} - 15^{o} verlaufende Zugspalten zerlegt. Dazu durchziehen den Vulkanit 120^{o} - 125^{o} streichende Scherklüfte von einigen Zentimetern Breite, die mit stengligem Steinsalz geschlossen wurden. Die Beanspruchung des Vulkanits erfolge nach der Abkühlung der Schmelze. Die zur Zeit des Vulkanismus herrschende Druckrichtung wechselte nachvulkanisch in die herzynische Richtung. Denn der Druck muß für die Beanspruchung des Ganges aus Nordwesten erfolgt sein.

Aus diesem Gangzug konnten in zwei Etagen die vulkanischen Erscheinungen beobachtet werden. Es zeigte sich, daß die Spalten nach der Teufe nicht etwa breiter werden, sondern daß sie genau so scharfe Kontakte besitzen wie auf der 1. Sohle. Lediglich in den Kalilagern fanden Aufweitungen und lagergangartige Einschiebungen statt. KUHN

(1950/51) dürfte recht haben, wenn er von einer Intrusion in offenstehende Spalten spricht. Das Magma brauchte keine intrusive Kraft aufzuwenden, denn die vorhandenen Spalten konnten benutzt werden. KÜHN nimmt an, daß die Spalten zum Teil durch vulkanische Beben aufgerissen wurden.



Zugspalten (10^{o} - 15^{o}) und Scherklüfte (115^{o} - 125^{o}), die mit Fasersalz gefüllt sind, an der Firste des östlichen Vulkanitganges in der 2. nördlichen Strecke nach Osten auf der 2. Sohle des Kaliwerkes Heringen.

5.0 Einige Bemerkungen zur Landoberfläche während des Vulkanismus

BÜCKING und GRUPE deuten die Tuffkonglomerate und Schlotbrekzien, die teils aus lauter einzelnen Fragmenten der durchbrochenen Triasgesteine bestehen, als Zeugen für die große explosive Kraft, die den Vulkanitdurchbrüchen der Rhön innegewohnt hat. Sie vertreten aber über die Anwesenheit jüngerer Gesteine in den einzelnen Schlotbrekzien verschiedene Auffassungen. Während GRUPE anlängst vor dem Ausbruch der Vulkanite angelegte tektonische Gräben glaubt und die Eruption auf eine präexistierende Spalte zurückführt, muß man für die beschriebenen Schlotbrekzien wohl BÜCKING recht geben, der es für möglich hält, daß die Gesteine, die heute bereits in der Umgebung der Schlote der Abtragung zum Opfer gefallen sind, in die Schlote stürzten. Deshalb muß jeder Schlot zuerst auf seine Unterlagen hin untersucht werden, ob er direkt auf der prävulkanischen Landoberfläche aufsitzt oder ob es sich um einen mehr oder weniger stark abgetragenen Schlot handelt.

Weiterhin glaubt BÜCKING annehmen zu dürfen, daß die vorbasaltische Abrasionsfläche in der Rhön nicht von vielen tiefen Tälern durchfurcht war, da man sonst wohl auch vereinzelt Schotterabsätze und Reste von vulkanischen Strömen, wie sie in der Eifel bekannt sind, sehen müßte. Demnach haben die Vulkanite eine nur flachwellige und fast ebene Landoberfläche vorgefunden. Nach BÜCKING soll eine einheitliche Vulkanitbedeckung vom Öchsen bis zur Hohen Rhön bestanden haben. Die starke Denudation, die bereits während der vulkanischen Tätigkeit begann, hätte danach weitaus die größten Gebiete wieder freigelegt.

Treten also in oder an einem Schlot jüngere Gesteine auf, deren ursprünglicher Horizont genau bestimmt werden kann, so läßt sich an solchen Stellen die relative Höhenlage der alten Denudationsoberfläche ermitteln. GRUPE dagegen hält es durchaus für möglich, daß wir es bereits zur Zeit des Vulkanismus mit einer Hügellandschaft zu tun hatten.

Dennoch läßt es sich nicht leugnen, daß von der Eselskuppe (Nr. 36) bei Philippsthal bis zu der Schlotbrekzie von Vitzeroda (Nr. 43) im Norden und bis zum Eiersberg bei Oberzella im Osten noch während des Vulkanismus eine einheitliche Muschelkalkdecke bestanden hat, die im Süden mit dem Öchsen-Berg und dem Dietrichs-Berg und nach Westen mit dem Dreien-Berg sowie dem Landecker verbunden war. Aus den aufgeführten Gründen zu urteilen, kann die flächenhafte Abtragung von der jungkimmerischen Faltung bis zum Einsetzen des Vulkanismus nicht sehr groß gewesen sein. Die Abtragung setzt erst mit der mittelpliozänen Hebung im verstärkten Maß ein. Diesem Vorgang waren natürlich auch die Vulkanite ausgesetzt. Deshalb ist eine genaue Aussage über die ehemalige Verbreitung des vulkanischen Materials nicht mehr möglich. Im untersuchten Gebiet wird kaum eine einheitliche Vulkanitbedeckung bestanden haben, da dazu wohl zu wenig Schlote und Gänge bis zur ehemaligen Oberfläche emporgedrungen sind. Außerdem weist GRUPE darauf hin, daß in den pliozänen Ablagerungen der Flußläufe sehr wenige Vulkanitschotter gefunden werden. Unter den bekannten Vulkanitkuppen des südlichen Gebietes (Sois-Berg, Lichters-Berg, Rückers-Berg, Appels-Berg, Wiesels-Berg, Stall-Berg, Mors-Berg, Hübels-Berg, Klein-Berg, Dach-Berg, Öchsen-Berg und Dietrichs-Berg) steht noch Unterer Keuper in Resten an, während er in der weiteren Umgebung meist schon erosiv entfernt ist. Zum anderen erlauben die Sedimenteinschlüsse der abgetragenen Schlotbrekzien, Rückschlüsse auf die ehemalige Oberfläche zu ziehen. In allen bekannten Brekzien wurden Unterer Keuper oder zumindest Oberer Muschelkalk angetroffen. Bei den anderen Vulkaniten handelt es sich meist um bereits zum Teil abgetragene Schlote. Da den kompakten Vulkaniten die Einschlüsse fehlen, läßt sich über ihr ehemaliges Niveau in den Triassedimenten nichts mehr aussagen. Zumal an keinem Schlot eine tertiäre Unterlage vorgefunden wurde. Es ist mir kein Schlot bekannt, aus dem direkt das Magma auf Buntsandsteinschichten geflossen ist. Zum Beispiel liegt am Löhchen östlich Oberlengsfeld ein

Vulkanitstiel im Bereich des Röts. Da auch hier die Säulen senkrecht auf den Schlotwänden stehen, müßte die Oberfläche bei der Abkühlung noch weiter im Hangenden gelegen haben.

Nach den angestellten Beobachtungen kann mam wohl annehmen, daß das Untersuchungsgebiet zu Beginn der vulkanischen Tätigkeit noch eine weite Bedeckung mit Muschelkalk und zum Teil mit Keuper aufwies. Die mittelpliozäne Hebung gestattete erst eine größere Abtragung. Von der jungkimmerischen Faltung bis zum Unteren Pliozän dürfte aus dem Gebiet wenig Material verfrachtet worden sein.

6.0 Magnetische Untersuchungen

Im Rahmen dieser Untersuchung sollen auch magnetische Messungen besprochen werden, die in den letzten Jahren im Auftrage der Salzdetfurth AG und der Wintershall AG durchgeführt wurden. Für die Auswertung standen mir von etwa zwei Drittel des bearbeiteten Gebietes die Isanomalenkarten zur Verfügung. Da die Erfassung der Schlote und der Gangzonen von der Erdoberfläche aus ohne physikalische Hilfsmittel nicht in jedem Falle sofort durchzuführen ist und die Einzelvorkommen der Vulkanite nicht ohne weiteres angesprochen werden können, was für den Bergbau, dem an der genauen Lage der einzelnen Aufschlüsse sehr gelegen ist, eine magnetische Vermessung unerläßlich. Nur auf diese Weise kann der Bergbau rechtzeitig auf die Störkörper aufmerksam gemacht werden, und es können die entsprechenden Vorkehrungen für den späteren Abbau getroffen werden.

Die erdmagnetische Aufnahme erstreckt sich auf die Reservefelder Schenksolz, Oberlengsfeld und Unterweisenborn sowie auf das Schürffeld Fischbach der Salzdetfurth AG, während im Auftrage der Wintershall AG das Schürffeld Treischfeld und das Reservefeld Mansbach untersucht wurden. Die Vermessung für die Salzdetfurth AG wurde von FISCHER, JAKISCH, RAUTER und SCHWARZ als geologische Meldearbeit angefertigt. Für die Wintershall AG hatten Dr. KUTSCHER und Diplom-Geologe WENDLER vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung in Wiesbaden die Auswertung übernommen. Die Ergebnisse beider Untersuchungen konnte ich in einer Isanomalenkarte zusammenstellen. Die Geländeaufnahmen wurden in den Jahren 1959 und 1960 durchgeführt.

Am zweckmäßigsten erwies sich eine Aufnahme der Vertikalintensität (Δz), die zuerst mit Hilfe der Schmidtschen Feldwaage (Bauart Gf 6) und später mit einem Torsionsvariometer der Askania-Werke Berlin (Bauart Gfz) durchgeführt wurde.

Bei der Bestimmung des erdmagnetischen Feldes handelt es sich um die Vertikalintensität, in selteneren Fällen um die Horizontalintensität an Punkten, die beliebig zu

wählen sind. Es ist jedoch ratsam, die Punkte nach geologischen Gesichtspunkten festzulegen. Die vorliegenden Ergebnisse behandeln ausschließlich Messungen der Vertikalkomponente Δz. Da die Erde nicht das magnetische Feld einer homogenen Kugel besitzt, weist das Normalfeld der Erde teilweise Überprägungen auf. Diese Abweichungen bilden die Grundlage für die magnetische Aufschlußmethode. In unserem Falle geben die Vulkanite eine meßbare Differenz zu der Magnetisierung ihrer Umgebung. Wir bezeichnen die Gesteine, die auf Grund ihrer magnetischen Fernwirkung bestimmt sind, Störkörper. Die unterschiedlichen Störanteile der vulkanischen Massen sind zum Teil auf die inhomogene Verteilung der ferromagnetischen Mineralkomponenten und auf ihre wechselnde Korngröße zurückzuführen. Im wesentlichen sind die Ferritspinelle der Vulkanite für den Magnetismus der einzelnen Vorkommen ausschlaggebend. Die Vertikalkomponente des magnetischen Erdfeldes kann dabei bis auf das Hundertfache des Normalfeldwertes ansteigen. Einzelne Vulkanite des Werra-Kaligebietes besitzen eine dem heutigen Erdfeld entgegengesetzte Magnetisierung. REICH (1935) forderte bereits eine umgekehrte, d.h. eine der Induktionswirkung des heutigen Erdfeldes entgegengesetzte Magnetisierung für Basalte im südlichen Taunus. Aus anderen Gebieten liegen ähnliche Ergebnisse vor. Eine hinreichende und sichere Erklärung dieser Tatsache konnte bis heute nicht gefunden werden.

Als Maßeinheit wurde bei der Darstellung der erdmagnetischen Vermessung 1 γ benutzt. Die Einheit ein Gauß würde zu ungebräuchlichen Zahlenwerten bei der Z-Vermessung führen.

6.1 Der Isanomalenplan der magnetischen Z-Vermessung im hessischen Werra-Kaligebiet

Das bei der Vermessung erfaßte Gebiet befindet sich auf den Kartenblättern Bad Hersfeld (5124), Friedewald (5125), Eiterfeld (5224) und Geisa (5225). Es stellt ein zusammenhängendes Areal von ungefähr 160 km^2 dar, so daß der

kartenmäßigen Darstellung bereits eine regionale Bedeutung zukommt. Neben der großräumigen Erfassung wurden im Norden die einzelnen Vulkanite einer näheren Betrachtung im Maßstab 1 : 1 000 unterzogen, die für die Deutung der vulkanischen Störkörper in den mesozoischen Sedimenten unerläßlich ist.

Bei der Vermessung ging es der Salzdetfurth AG um die Erfassung der Vulkanite, die der Abbaufront im Westen vorgelagert sind. Der Abbau schreitet auf einer nord-südlich ausgerichteten Front von Osten nach Westen voran. Da die Gangzonen in N-S-Richtung eingedrungen sind und der Abbau in E-W-Richtung erfolgt, wird jeweils eine Vertaubungszone in ihrer gesamten Länge durchfahren. Deshalb ist es von Wichtigkeit, die Gänge rechtzeitig zu erkennen, so daß der Bergbau sich bei der Planung auf die Vertaubungszonen einstellen kann. Neben der Erfassung der Gangsysteme und der darauf aufsitzenden Schlote ergab die Messung einen Überblick über das normale magnetische Feld.

Von VOGELSANG (1953) waren bereits Messungen der Vertikalintensität im Bereich der Reservefelder und des Schürffeldes Fischbach der Salzdetfurth AG durchgeführt worden. Sie hatten weniger den Charakter einer systematischen Aufnahme, denn es wurden zwischen den einzelnen Stationspunkten nicht gleichbleibende Abstände eingehalten. Vielmehr wurde das Punktnetz nur an einzelnen Stellen verdichtet, so daß die Vermessung noch nicht die gewünschte Aussagekraft besaß. Die in den Jahren 1959/60 erfolgte Aufnahme wurde auf systematisch angeordneten E-W-Profilen durchgeführt. Die ostwestliche Anordnung der Profile schließt mit größerer Sicherheit die Erfassung unbekannter Spalten ein, denn es war von vornherein anzunehmen, daß die Störzonen vorwiegend ein Streichen zwischen 170^{o}-10^{o} besitzen. Bei der systematischen Aufnahme des Geländes konnten einige Gangzonen und Schlote, die in unterschiedlichen Teufen steckengeblieben sind, erkannt werden. Der regionalen Aufnahme schloß sich eine spezielle Vermessung der lokalen Störkörper an, die im Maßstab 1 : 1 000 eine

Darstellung erfuhr.

Für die Wintershall AG sollte die Vermessung zunächst eine Übersicht über die Vulkanite geben. Im Bereich des Schürffeldes Treischfeld und des Reservefeldes Mansbach liegt zur Zeit noch kein Abbau vor. Die Aufnahme sollte Gebiete mit stärkerer vulkanischer Tätigkeit von weniger beanspruchten Zonen trennen. Die einzelnen Vulkanite erfuhren noch keine spezielle Vermessung. Die erdmagnetische Aufnahme erwies sich als ein sehr wertvolles Hilfsmittel bei den Prospektierungsarbeiten.

Zu den bekannten Vulkaniten traten bei der Vermessung noch einige gefüllte Spalten und steckengebliebene Schlote. Durch die Auswertung der Ergebnisse wurde das Gesamtbild abgerundet. Die mit vulkanischem Material gefüllten Spalten sind ohne die magnetischen Untersuchungsmethoden nicht zu erfassen. Der Isanomalenplan erlaubt eine klare Aussage über das Auftreten des Vulkanismus. Im wesentlichen nimmt die vulkanische Tätigkeit von Norden nach Süden zu. Dies ist verständlich, denn damit nähern wir uns bereits dem vulkanischen Zentrum - der Rhön.-. Von Westen nach Osten läßt der Isanomalenplan, der eine Darstellung im Maßstab 1 : 25 000 erfuhr, mehrere 170^{o} und N-S-streichende Störzonen erkennen.

Auf der westlichsten Spalte konnte mit der Vermessung im Süden gerade noch der Vulkanit östlich Kirchhasel erfaßt werden. Die Zone reicht im Norden bis zum Vulkanitgang bei Mengers. Auf dieser Linie liegen die Vulkanite am Wasserbehälter von Kirchhasel, am Wiesels-Berg, an der Altmühle nördlich Leimbach und an der Hard. Zum Vulkanit am Wasserbehälter von Kirchhasel ist noch zu vermerken, daß dieser Störkörper eigenartigerweise bei der magnetischen Vermessung keinen meßbaren Ausschlag gegenüber dem Normalfeld ergeben hat. Den Vulkaniten östlich Kirchhasel läuft auf 3 km Länge ein zweites System vom Stein bei Kirchhasel bis zu den Vulkaniten östlich des Wiesels-Bergs parallel. Einer zweiten parallelen Hauptspalte sitzen die Vulkanite des Rückers-Bergs, des Licht-Bergs, die Gänge

des Pfaffentals und die Gänge in den Kalkbrüchen östlich Eiterfeld sowie der Vulkanit des Fürstenecks auf. Dieser Linie läuft gleichfalls eine weniger stark ausgeprägte Zone östlich parallel. Dazu gehören der Appels-Berg und die Branderskuppe. Die einzelnen Vulkanitvorkommen zeigen deutlich ihre 170° - N-S-Ausrichtung, so daß man nicht etwa den Vulkanit des Rückers-Bergs mit dem des Appels-Bergs auf einer Linie verbinden kann, wie dies bei einem flüchtigen Blick auf die geologische Karte durchaus noch möglich erscheint. Es handelt sich um verschiedene Spalten, die zwar parallel verlaufen, aber sonst untereinander in keiner Verbindung stehen.

Vom Dach-Berg südlich Rasdorf läuft eine weitere Spaltenzone nach Norden, die aus zwei parallelen Kluftzügen besteht. Die westliche Spalte beginnt an der westlichen Begrenzung des Tuffvorkommens vom Dach-Berg und läuft von dort über den Vulkanit des Klein-Bergs, den Vulkanit südlich Soisdorf sowie die Spalten südwestlich und westlich des Sois-Bergs zu den Vulkaniten östlich Oberlengsfeld, wozu die Aufschlüsse am Trumbachsköpfchen, am Löhchen und an der Burg Landeck gehören, zur Spalte östlich von Motzfeld. Die Zone setzt sich bis zum Schlot südlich Friedewald fort, der jedoch nicht mehr in den vermessenen Bereich fällt. Die östlich parallelverlaufende Spalte wird von dem Dach-Berg, dem Gehülfers-Berg, dem Sois-Berg und den Vulkaniten südlich und nördlich Wehrshausen besetzt. Im nördlich angrenzenden Gebiet befinden sich westlich von Lautenhausen noch zwei kleine Vulkanitvorkommen.

Die Spalten sind nicht als offene Klüfte über mehrere Kilometer in der Länge zu denken, sondern es sind Schwächezonen, auf denen sich der Vulkanismus seine Aufstiegswege schuf. Die diesen Schwächezonen aufsitzenden Schlote sind erst in der Nähe der Oberfläche über erweiterten Spalten ausgesprengt worden.

Eine vierte gut ausgeprägte Vulkanitzone erstreckt sich entlang der hessisch-thüringischen Landesgrenze und läuft nach Norden auf die Vulkanite westlich von Hohenroda

und Ransbach zu. Der Fiederspaltencharakter kommt in der Isanomalenkarte noch nicht klar zum Ausdruck, da die Gänge, die in den Kaligruben durchörtert wurden, mit Hilfe der Vertikalintensität nicht erfaßt werden können. Betrachtet man aber die Übersichtskarte der Vulkanite, so ist die Spaltenanordnung über mehrere Kilometer in N-S-Richtung klar zu erkennen.

Im Bereich der Isanomalenkarte wurden durchschnittlich Vertikalintensitäten zwischen 50 γ und 175 γ gemessen. Werte über oder unter diesem Niveau befanden sich nur in der Nähe vulkanischer Gesteine. Im westlichen Bereich verlaufen die Intensitätsgrenzen ungefähr in ostwestlicher Richtung. Von Süden nach Norden steigen die Werte an. Dagegen nehmen zur hessisch-thüringischen Landesgrenze die Werte in nordöstlicher Richtung zu. In dem normalen Feld befinden sich die einzelnen Vulkanite. Dabei erreicht der Klein-Berg mit 16 000 γ die maximale Störungsamplitude der Vertikalintensität. Das Störungsminimum liegt an diesem Schlot bei -4 300 γ . Das unmittelbare Nebeneinander von Störungsmaximum und Störungsminimum spricht für nach der Tiefe hin sich erstreckende Durchschlagsröhren. Auch konnte bei einigen Vulkanitkörpern eine umgekehrte, d.h. eine der Induktionswirkung des heutigen Erdfeldes entgegengesetzte Magnetisierung, wie sie REICH (1935) bereits bei Basalten am Kleinen Feldberg im Taunus fordert, festgestellt werden. Wenn man die Induktionswirkung des heutigen Erdfeldes zugrunde legt, müßte im Norden der Vulkanitstöcke eine negative Anomalie und im Süden eine positive gefordert werden. Die theoretischen Grundlagen für Modellkörperberechnungen zeigen nach J. KÖNIGSBERGER über einer homogenen Kugel in mitteleuropäischen Breiten eine positive Störungsamplitude im Süden, während sich ein negatives Feld halbkreisförmig nördlich um den positiven Kern legt. Das Umgekehrte ist aber bei einigen Anomalien der Fall. Zum Beispiel besitzt die fast kreisrunde Schlotfüllung des Vulkanits nördlich von Hohenroda eine negative Störungsamplitude mit -6 161 γ im Süden, während die maximalen Störungswerte, die bis zu 800 γ

ansteigen, den Vulkanit im Norden einrahmen. Gleichfalls besitzen noch verschiedene Vulkanite eine umgekehrte Magnetisierung.

Es bleibt festzustellen, daß die magnetische Vermessung einen Isanomalenplan geliefert hat, der einmal das Normalfeld im untersuchten Gebiet wiedergibt und zum anderen die darin sich befindenden Anomalien aufzeigt. Jedoch muß in den Bereichen, wo noch kein Abbau umgeht, im Untergrund mit der Zunahme der mit vulkanischem Material gefüllten Spalten gerechnet werden. Es können nämlich die weniger breiten Vulkanitgänge an der Erdoberfläche nicht mit dem Torsionsvariometer erfaßt werden. Es kommt noch dazu, daß nach Süden die Kalilager in größere Teufen abtauchen und deshalb schon die Spaltenfüllungen im Bereich der Lagerstätte zunehmen werden. Abgesehen davon, steigt die Zahl der Vulkanitintrusionen in unmittelbarer Nähe der südlichen Gebietsgrenze sprunghaft an. Aber auch diese erfuhren wie alle Vorkommen eine Ausrichtung in nordsüdlicher Erstreckung.

6.2 Vergleich zwischen der Feinvermessung des Vulkanits nördlich von Hohenroda und den Grubenaufschlüssen in der 5. Südstrecke des Kaliwerkes Hattorf

An dem Vulkanit nördlich von Hohenroda waren von vornherein für die Auswertung der Vermessung günstige Voraussetzungen gegeben. Auf dem Kaliwerk Hattorf geht der Abbau bereits im Wirkungsbereich der Gangzone, die unmittelbar unterhalb des Schlotes liegt, um. Bevor der Abbau sich dem Störkörper näherte, wurden Horizontalbohrungen nach Westen gestoßen. Eine eingehende Beschreibung der Ergebnisse liegt in den Aufzeichnungen über den Vulkanit (Nr. 28) westlich der Ransbach-Strecke in der 5. Südstrecke vor. Der Schlot nördlich von Hohenroda wurde wie alle anderen Störkörper in der Konzession der Salzdetfurth AG einer speziellen Vermessung unterzogen. Die Resultate der Untersuchung habe ich mit den Grubenaufschlüssen der 1. Sohle des Kaliwerkes Hattorf zur Dekkung gebracht. An dem Schlot und dem Gang unter Tage

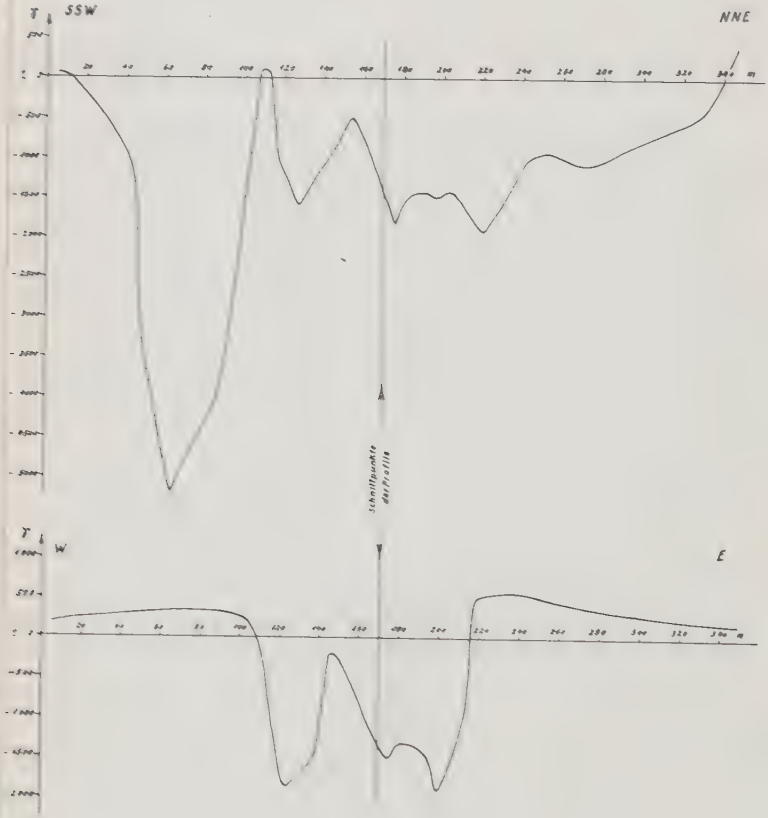
ist also der seltene Fall gegeben, Aufschlüsse in zwei Stockwerken zu beobachten. Etwa 700 m Differenz befinden sich zwischen dem anstehenden Vulkanit über Tage und den Grubenaufschlüssen. Die Ergebnisse erlauben einen guten Einblick in die verschiedenen Stockwerke des Vulkanismus. Die Darstellung liegt im Maßstab 1 : 2 000 vor. Die magnetische Vermessung wurde von FISCHER und RAUTER (1959) durchgeführt.

Der Isanomalenplan gibt den Vulkanitschlot als einen ellipsenförmigen Krater wieder, dessen Längsachse sich in E-W-Richtung erstreckt. Die maximale Störungsamplitude liegt bei -6181γ. Nördlich des Schlotes ist ein lakkolithartiger Störkörper in der Isanomalenkarte zu erkennen. Dieser Störkörper sitzt der gleichen Spalte wie der Krater auf. Der intrudierte Körper muß in irgendeine Unstetigkeitsfläche, die in den Deckschichten des Kalilagers verschiedentlich auftreten, eingedrungen sein. Er besitzt eine Länge von 200 m in N-S-Richtung und eine Breite von 100 m in E-W-Richtung. Den gesamten Bereich umgibt im Norden ein positives Störungsgebiet mit maximal 800γ. An diesen beiden Vorkommen liegt demnach auch eine dem heutigen Erdfeld entgegengesetzte Magnetisierung vor, denn normalerweise müßten die negativen Störungswerte im Norden liegen. Der eigentliche Schlot zeigt eine deutliche Trennung von dem lakkolithartigen Körper. Im Isanomalenbild ergibt sich eine Einschnürung der Linien gleicher Intensität in E-W-Richtung.

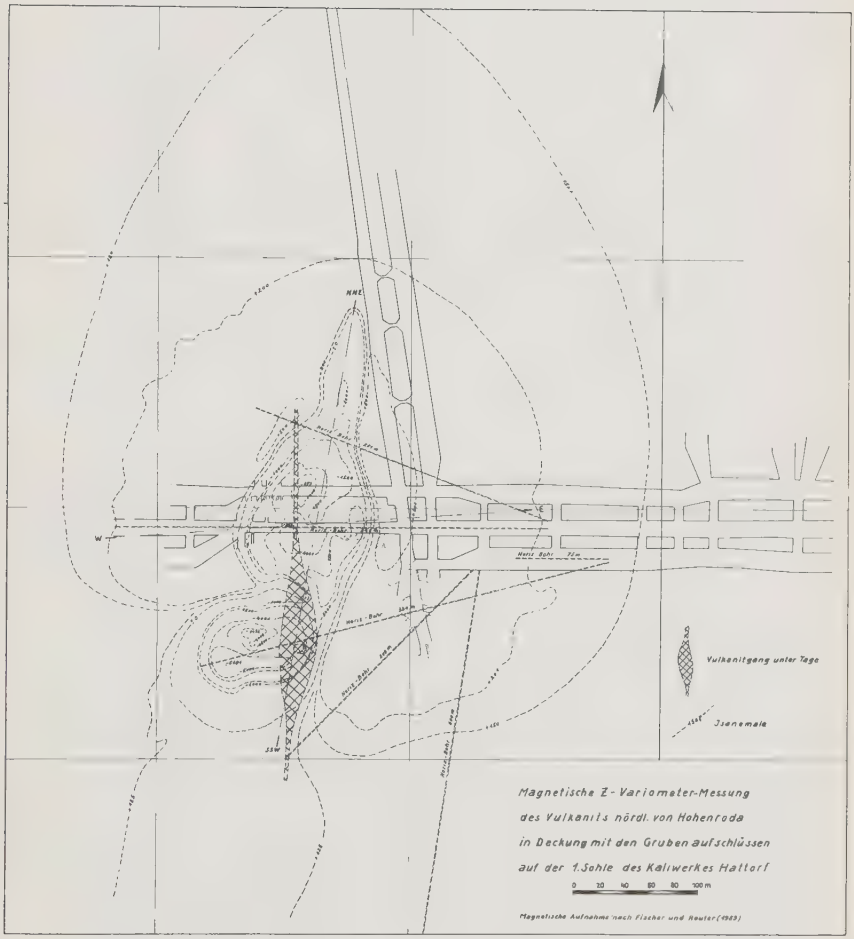
Zwischen der Spaltenfüllung, wie sie in den Aufschlüssen unter Tage beobachtet wird und den Vermessungen von über Tage scheinen auf den ersten Blick keinerlei Zusammenhänge zu bestehen. Bei der Horizontalbohrung, die unter dem Schlot angesetzt wurde, ist der Vulkanit nicht in der erwarteten Breite durchteuft worden, sondern die erbohrte Gangzone besitzt lediglich eine Erweiterung am östlichen Teil des Schlotes. Von der exzentrisch unterhalb des östlichen Kraterrandes aufgeweiteten Spalte aus

wurde aus den auflagernden Deckschichten der Krater des Schlotes ausgesprengt. Danach füllte diese Spalte den Trichter mit vulkanischem Material. Bei der nördlich anschließenden Anomalie des lakkolithartigen Störkörpers ist durch die schmale Gangbreite bereits eine ausreichende Magmenzufuhr geflossen. Die Spaltenfüllung, wie sie auf der 1. Sohle auftritt, spiegelt sich im Isanomalenbild nicht wider. Die magnetische Fernwirkung ist sicher zu schwach. Demnach muß der intrudierte Körper oberhalb der Grubenaufschlüsse liegen. Andernfalls müßte sich auch im Isanomalenbild die Spalte abbilden. Dies würde dafür sprechen, daß der lakkolithartige Körper in die mesozoischen Sedimente eingedrungen ist. Es könnten verschiedene Unstetigkeitsflächen zwischen den einzelnen Schichtgliedern für die Intrusion in Betracht kommen. Bei dem Störkörper südlich von Ransbach liegen die Verhältnisse ähnlich. Der Störkörper ist gleichfalls im Untergrund steckengeblieben. Bei der intrudierten Masse nördlich von Hohenroda hat sich die Schmelze aktiv zwischen zwei Schichtpakete geschoben. Der gesamte Körper besitzt eine schüsselförmige Gestalt, die aus dem Isanomalenbild zu erkennen ist. Die der Isanomalenkarte beigefügten Profile geben die Zweiseitigkeit oder den Schüsselbau gut wieder. In dem SSW - NNE-verlaufenden Profil zeichnet sich mit -6 181 γ sehr deutlich der ellipsenförmig ausgebildete Schlot ab. Danach erreicht die Kurve wieder einen normalen Feldwert, um anschließend im Norden den lakkolithartigen Körper abzubilden. Die Zweiseitigkeit des Störkörpers ist gut zu erkennen. Der nördliche Schüsselrand wird in sich noch einmal schwach geteilt. Im E - W-Profil berühren wir nur den intrudierten Vulkanit, da das Profil nördlich der Schlotfüllung vorbeiführt. Das Normalfeld schwillt langsam, von Westen her kommend, an. Die negative Störungsamplitude gibt danach den Schlüsselbau des Intrusivkörpers wieder. Nach Osten klingt die positive Störungsamplitude langsam in das Normalfeld aus.

Die Frage nach dem Niveau, in dem der Störkörper auftritt, muß unbeantwortet bleiben. Der Vulkanit kann unmittelbar über dem Kalilager anstehen oder aber irgendwo in den



Profile
zur Z-Variometer-Messung
des Vulkanits nördl. von
Hohenroda.


NNE
Vulkanitgang unter Tage
Isanomale
Magnetische Z-Variometer-Messung
des Vulkanits nördl. von Hohenroda
in Deckung mit den Gruben aufschlüssen
auf der 1. Sohle des Kaliwerkes Hattorf
0 20 40 60 80 100 m
Magnetische Aufnahme nach Fischer und Reuter (1943)

mesozoischen Sedimenten stecken. Günstigere Voraussetzungen für die Intrusion sind aber innerhalb der plastischen Salze gegeben . Das Auftreten von CO_2-Ausbruchstellen kann nicht als Zeichen für das Vorhandensein des Störkörpers im unmittelbaren Hangenden des Lagers angesehen werden, da die Kohlensäurevorkommen nicht gleichbleibend die Vulkanite begleiten. Erst ein einziges Mal wurde im Werra-Kaligebiet ein lagergangartiger Vulkanit von unter Tage beschrieben. DIETZ (1928) berichtet über einen lakkolithartigen Vulkanit des Kaliwerkes Unterbreizbach, der im Hangenden des oberen Lagers - dem Begleitflöz - eine Zone geringen Widerstandes vorgefunden hat und sich so nach Osten und Westen ausbreiten konnte. Daß dem basaltischen Magma hierbei eine aktive Kraft zukommen muß, geht nach DIETZ schon daraus hervor, daß das Salzgebirge in der näheren Umgebung des Vulkanits gefaltet wurde. Für die aktive Kraft sprechen auch die Salzbrocken von einigen Metern Durchmesser, die im Vulkanit schwimmen. Nach einer zeichnerischen Darstellung von DIETZ setzt sich die Zufuhrspalte des lagergangartigen Basaltstockes in dessen Hangendem fort. In der 4. südöstlichen Abteilungsstrecke auf der 1. Sohle des Werkes Hattorf konnte ich am nördlichen Stoß einen der Schichtung parallelen Vulkanit im Meterbereich aufnahmen. Deutlich erkennt man an dem Aufschluß das Einschieben des Magmas zwischen den Tonlöser und das darunterliegende Flöz "Hessen". An dem stark verstaubten Stoß läßt sich leider schlecht die Fortsetzung des Ganges im Hangenden erkennen. Der Gang ist aber mit der gleichen Mächtigkeit wie im Liegenden vorhanden. Für die Deutung der Anomalie von Hohenroda geben der gewaltige Vulkanitkörper von Unterbreizbach und der kleine Aufschluß aus der 4. südöstlichen Abteilungsstrecke des Werkes Hattorf gute Anhaltspunkte. Jedoch kann keine endgültige Aussage über die Höhenlage des Vulkanits gemacht werden. Erst eine Hochbohrung könnte entscheiden, ob der Vulkanit im Bereich der Salzfolge auftritt.

6.3 Magnetische Z-Variometermessung des Vulkanitganges östlich von Motzfeld

Die Vulkanitspalte östlich des Dorfes Motzfeld war bis zum Beginn der erdmagnetischen Aufschlußarbeiten von FISCHER und RAUTER (1959/60) nicht bekannt. Bei der Aufnahme der E - E-Profile zeigten sich östlich Motzfeld Ausschläge, die über denen des Normalfeldes lagen. Etwa 30 systematisch in ostwestlicher Richtung vermessene Profile ergaben ein genaues Bild der Spaltenfüllung mit vulkanischem Material. Die neu aufgefundene Spalte läßt sich nach der Betrachtung der Übersichtskarte gut in das Gesamtbild einer Schwächezone einordnen. In südlicher Verlängerung liegen die Vulkanitvorkommen der Burg Landeck, das Löhchen und des Trumbachköpfchens, während die Spaltenzone nach Norden auf den Vulkanit südlich von Friedewald zuläuft. Die Vermessung endet an der nördlichen Konzessionsgrenze der Salzdetfurth AG. Zusätzliche Messungen ergaben jedoch die Fortsetzung des Vulkanits nach Norden über die Markscheide hinaus. Der Magmenaufstieg ist an die große 170° streichende Schwächezone gebunden, die im Süden vom Dach-Berg bis im Norden zum Schlot südlich Friedewald reicht. Die Spalte wurde aber nicht in ihrer gesamten Länge gleichmäßig mit Magma gefüllt. Bei der Spalte von Motzfeld muß die Schmelze bis nahe an die heutige Oberfläche emporgedrungen sein. Auch an den Stellen, wo über der Schwächezone keine Abweichungen von den normalen Feldwerten festgestellt werden konnten, kann im tieferen Untergrund mit Gangfüllungen gerechnet werden. Das Magma ist nicht gleichmäßig bis in ein bestimmtes Niveau emporgestiegen. Die Anomalie von Motzfeld dient auch für alle anderen Spalten, die im Prinzip dasselbe Isanomalenbild besitzen und sich nur im Grad ihrer Intensität unterscheiden, als Beispiel.

Es treten auf der 170° bis N-S-ausgerichteten Spalte zwei Störungsmaxima auf, die pfropfenartig in N - S-Richtung aufgereiht sind. Von Süden her kommend steigt die Störungsamplitude auf 209 γ an. Danach klingen im Profil S XI die Werte noch einmal ab, um im Profil S X wieder

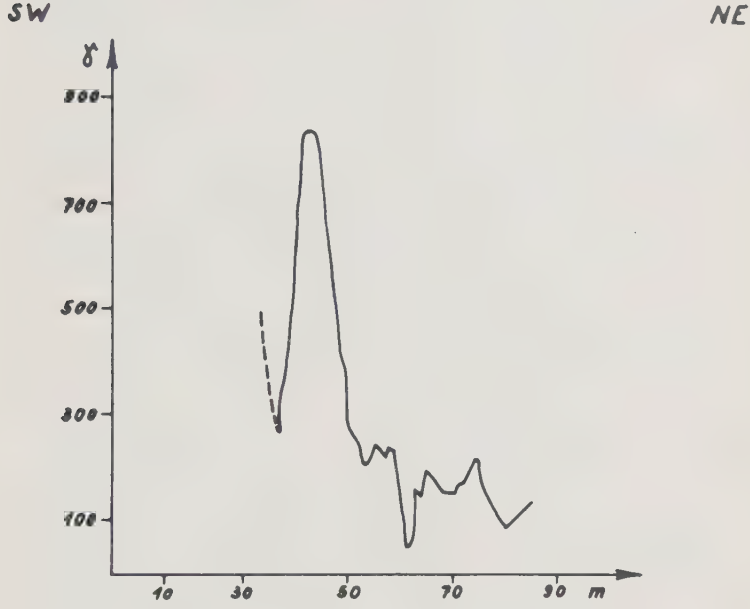
anzusteigen. Im Profil S VIII erreicht die maximale Störungsamplitude mit 537 γ einen Wert, der auf eine in nicht zu großer Tiefe steckengebliebene Magmenfüllung schließen läßt. Leider können über die Teufe des Störkörpers keine genauen Angaben gemacht werden. Im Süden weicht die Streichrichtung der Anomalie einige Grade nach Osten ab, während sie im Norden in die 170°-Erstreckung zurückschlägt. Im folgenden Abschnitt werden zwei Einzelprofile besprochen, die im Grubengebiet unmittelbar über einer Gangzone aufgenommen wurden. Könnte man genügend E-W-Profile über den Gangzonen unter Tage vermessen, so würde ein der Spalte von Motzfeld entsprechendes Isanomalenbild entstehen.

6.4 Erdmagnetische Profile der Vertikalintensität über zwei Vulkanitgängen aus den Kaligruben Hattorf und Herfa-Neurode

Bei der Auswertung der magnetischen Aufnahme war es von Wichtigkeit zu wissen, ob sich die schmalen Gangzonen, wie sie in den Kaligruben angefahren wurden, aus dem Isanomalenplan erkennen lassen. Es mußte aber festgestellt werden, daß die Störkörper durch die einige 100 m mächtigen Deckschichten nicht mehr mit den verwendeten Meßgeräten zu erfassen sind. Unmittelbar über dem Vulkanit Nr. 30 in der Hauptstrecke nach Südwesten des Kaliwerkes Hattorf wurde ein Profil der Vertikalintensität in SW-NE-Richtung von RAUTER aufgenommen. Das Profil wurde parallel zur Hauptstrecke nach Südwesten angeordnet. Die Meßstationen sind von NE nach SW angelegt und ergeben das Bild einer normal, d.h. positiv magnetisierten Störung (Seite 83). Der steile Anstieg der Kurve kommt durch die geringe Entfernung des Störkörpers zum Variometer zustande. Die gute Symmetrie des steigenden und fallenden Astes gibt das nahezu lotrechte Einfallen des Vulkanitganges wieder. Bei der Aufnahme konnten leider störende Einflüsse, die durch Firstanker oder andere Eisenteile verursacht wurden, nicht völlig ausgeschaltet werden, so daß sich an Stelle eines stetigen

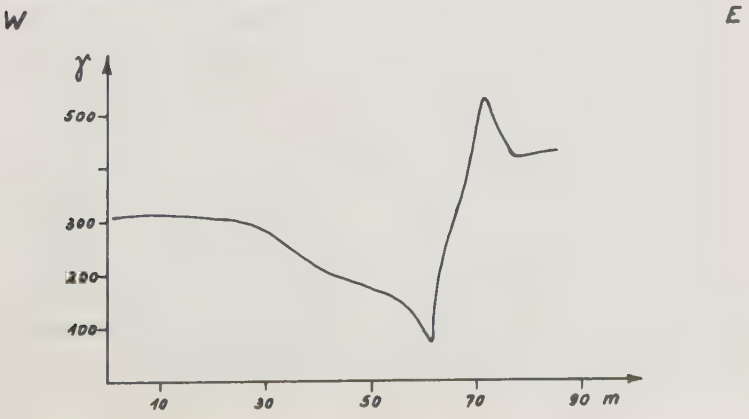
Erdmagnetisches Profil der Vertikalintensität durch den Vulkanit (Nr.30) in der Hauptstrecke nach Südwesten des Kaliwerkes Hattorf.

Aufgenommen von Herrn Rauter.



Erdmagnetisches Profil der Vertikalintensität über dem Vulkanit (Nr.29) in der 1. nördl. Abteilung nach Westen des Kaliwerkes Hersa - Neurode.

Aufgenommen von Herrn Dr. Kutscher.



Anstiegs der Kurve starke Schwankungen erkennen lassen.

Ein zweites Profil der Vertikalintensität liegt über dem Vulkanitgang Nr. 29 aus der 1. nördlichen Abteilung nach Westen des Kaliwerkes Herfa-Neurode vor. Die Vermessung wurde von Dr. KUTSCHER aufgenommen. Bei dieser Aufnahme sollte ein im Untergrund möglicherweise steckengebliebener Vulkanit ermittelt werden. Die beim Streckenvortrieb beobachteten Begleiterscheinungen des Vulkanismus ließen die Vermutung auf eine Spaltenfüllung zu. Nach den Auswertungen von KUTSCHER kann über die Beschaffenheit und die Ausmaße des Störkörpers nur wenig gesagt werden, da für eine exakte Teufenangabe oder für eine Modellkörperberechnung der Wert der Magnetisierung, die Magnetisierungsrichtung und Angaben über den homogenen oder aber inhomogenen Vulkanit fehlen. Nach weniger günstigen Faustregeln kann man auf einen wenig mächtigen (0,5-1,0 m) Vulkanitgang schließen, der größenordnungsmäßig in etwa 30 m Tiefe anstehen kann. Auffallend ist allerdings die umgekehrte Magnetisierung, die sich in dem dargestellten Bild so auswirkt, daß der niedrigste Wert in der Kurve mit dem darunter anstehenden Vulkanitgang zusammenfällt. In der 1. südlichen Abteilung nach Westen konnte in der südlichen Verlängerung der vulkanischen Begleiterscheinungen aus der 1. nördlichen Abteilung nach Westen vulkanisches Material in einer 20 cm breiten verheilten Spalte gefunden werden. Diese Tatsache erhärtet die zuvor gemachten Angaben über die mögliche Teufe des vermessenen Vulkanitkörpers. Darüber hinaus stellt diese in der Tiefe steckengebliebene Gangspalte das Ende der sich über mehrere Kilometer in 170^{o}- Richtung erstreckenden Vulkanitzone (Nr. 29) dar.

Die Profile, die über dem zuerst beschriebenen Gang von über Tage aufgenommen wurden, zeigen deutlich, daß Spaltenfüllungen von wenigen Metern Breite durch über 100 m mächtige Deckschichten keine meßbaren Abweichungen mehr liefern. Mit Hilfe des Variometers könnte man unter Tage gerade noch vom Flöz "Hessen" aus schmale Vulkanitgänge ermitteln, die im Niveau des Flözes "Thüringen" steckengeblieben sind.

6.5 Die Suszeptibilität einiger Vulkanite

Im Rahmen der magnetischen Untersuchung sollen einige Suszeptibilitätsmessungen besprochen werden, die ich am Geophysikalischen Institut der Universität Göttingen durchführte. Dem Geophysikalischen Institut danke ich für die freundliche Bereitstellung der Apparatur. Die Messungen wurden in einer Versuchsanordnung nach Dürschner durchgeführt. Für die Untersuchung konnten nicht alle Vulkanite herangezogen werden. Von den Vulkaniten wurden meist ein bis zwei Proben gemessen. Nur aus den Vulkaniten des Dreien-Bergs, des lakkolithartigen Störkörpers nördlich von Hohenroda und des Ulstertals wurden mehrere Handstücke aus verschiedenen Vulkanitpartien entnommen. Bei den 7 Proben des Vulkanits aus dem Ulstertal weist die Suszeptibilität keine großen Streuungen auf. Die Werte schwanken zwischen 1 430 x 10^{-6} cgs und 3 080 x 10^{-6} cgs. Diese Schwankungen sind z.T. auf die inhomogene Verteilung der ferromagnetischen Mineralkomponenten und auf ihre wechselnde Korngröße zurückzuführen. Außerdem kann man nach Puzicha aus der quantitativen Bestimmung des Magnetitgehaltes ohne die Berücksichtigung der Korngröße keine Rückschlüsse auf die Höhe der Suszeptibilität anstellen. Z.B. ergeben wenige größere Magnetitkörnchen einer bestimmten Volumeneinheit eine höhere Magnetisierung als viele kleine.

Der Magnetit ist für den Gesteinsmagnetismus das maßgebende Mineral. Die Magnetitkristalle sind jedoch magnetisch nicht einheitlich aufgebaut. Nach HILPERT sind die Magnetitkristalle als Kombinationen der beiden Oxydationsstufen des Eisens FeO und Fe_2O_3 aufzufassen, von denen das erste unmagnetisch ist, während das letzte sowohl in unmagnetischem als auch in ferromagnetischem Zustand (γ-Form) vorliegen kann.

Im allgemeinen empfiehlt es sich, wegen der Inhomogenität der Substanz die magnetischen Messungen an einer möglichst großen Zahl von Proben auszuführen und aus den Ergebnissen das Mittel zu bilden. Die hier vorliegenden Werte

Die Suszeptibilität einiger Vulkanite aus dem hessischen Werra-Kaligebiet

Vulkanit:		Suszeptibilität $\varkappa$: (in Einheiten von 10^{-6} cgs)	Spezifisches Gewicht ϱ:
Nr. 6,	Fürsteneck	516	3,04
Nr. 7/1,	Eiterfeld, Steinbruch Hartmann	2 160	2,88
Nr. 7/2,	Eiterfeld, Steinbruch Glotzbach	1 810	2,92
Nr. 12/1,	Dreien-Berg	544	2,79
Nr. 12/2,	Dreien-Berg	812	2,71
Nr. 12/3,	Dreien-Berg	3 700	2,86
Nr. 12/4,	Dreien-Berg	595	2,84
Nr. 12/6,	Dreien-Berg	1 780	2,84
Nr. 14	Burg Landeck	7 580	2,89
Nr. 15,	Löhchen	3 680	2,98
Nr. 16/1,	Trumbachsköpfchen	5 850	3,01
Nr. 16/2,	Trumbachsköpfchen	4 960	3,02
Nr. 18,	westlich Lautenhausen	6 170	2,66
Nr. 19,	südwestlich Lautenhausen	3 380	2,98
Nr. 21,	südwestlich Wehrshausen	4 770	3,16
Nr. 22,	Sois-Berg	12 200	3,06
Nr. 26,	westlich Hohenroda	3 260	2,84
Nr. 27,	südwestlich Hohenroda	3 030	2,92
Nr. 28/1,	nördlich Hohenroda	2 950	2,86
Nr. 28/2,	nördlich Hohenroda	5 160	3,04
Nr. 28,	Horizontalbohrung B 202,25 m	4 860	2,88
Nr. 28,	Horizontalbohrung C 216,30 m	2 960	2,76

Vulkanit:		Suszeptibilität $\varkappa$: (in Einheiten von 10^{-6} cgs)	Spezifisches Gewicht ϱ :
Nr. 28,	Horizontalbohrung D 241,50 m	4 720	2,82
Nr. 28,	Horizontalbohrung D 247,60 m	4 430	2,75
Nr. 28,	Horizontalbohrung D 261,30 m	3 480	2,58
Nr. 28,	Horizontalbohrung D 264,15 m	4 250	2,81
Nr. 28,	Horizontalbohrung D 270,85 m	2 330	2,70
Nr. 29/3,	Werk Hattorf, I. Sohle, Weststrecke, westl.d.Hera-Strecke	3 690	2,94
Nr. 29,	Werk Hattorf, I. Sohle, 2. Südstrecke, westl.d.Hera-Strecke	3 380	2,98
Nr. 29,	Werk Hattorf, I. Sohle, 3. Südstrecke, westl.d.Hera-Strecke	2 700	3,01
Nr. 30/1,	Werk Hattorf, I. Sohle Hauptstrecke im Südwesten	3 410	3,02
Nr. 30/2,	Werk Hattorf, I. Sohle, 6. südwestl. Abteilungsstrecke	3 310	3,00
Nr. 30/3,	Werk Hattorf, I. Sohle, 6. südwestl. Abteilungsstrecke	2 740	2,89
Nr. 31/1,	Werk Hattorf, I. Sohle, 4. südwestl. Abteilungsstrecke	930	2,86
Nr. 31/2,	Werk Hattorf, I. Sohle, 4. südwestl. Abteilungsstrecke	296	2,89
Nr. 34,	Wackenbühl	2 600	3,03
Nr. 36/1,	Ulstertal	3 080	3,16
Nr. 36/2,	Ulstertal	2 550	3,00
Nr. 36/3,	Ulstertal	2 350	2,93
Nr. 36/4,	Ulstertal	1 940	3,05
Nr. 36/5,	Ulstertal	1 430	2,85
Nr. 36/6,	Ulstertal	2 680	3,06
Nr. 36/7,	Ulstertal	2 640	2,92

geben lediglich einen Einblick in den größenordnungsmäßigen Bereich der Suszeptibilität. Die Tabelle zeigt uns, daß die Werte zwischen zwei Zehnerpotenzen schwanken. Der niedrigste Wert wurde an einer Probe aus der 4. südwestlichen Abteilungsstrecke des Werkes Hattorf mit 296 x 10^{-6} cgs gemessen, während der höchste Wert mit 12 200 x 10^{-6} cgs am Sois-Berg ermittelt wurde.

7.0 Die Petrographie der Vulkanite

Neben der geologischen Aufnahme und der magnetischen Vermessung wurden etwa 50 Dünnschliffe untersucht, die einen Einblick in die Petrographie der Vulkanite des hessischen Werra-Kaligebietes gestatten. Im Schürffeld Treischfeld hatte KUHNERT (1960) bereits von 10 Vulkaniten Dünnschliffe angefertigt und eine Bestimmung vorgenommen. Freundlicherweise stellte er mir die Schliffe zu weiteren Untersuchungen zur Verfügung. Die Dünnschliffe wurden etwa zu gleichen Teilen von Vulkaniten aus den Kaligruben und von über Tage angefertigt. Nachteilig machte sich jedoch bei der Auswertung der Vulkanite von unter Tage der reichliche Glasanteil in der Grundmasse bemerkbar. Dennoch konnte ein Überblick gewonnen werden.

Bei der Differentation der Schmelze kam es nach FRICKE (1960) im Bereich der Wasserkuppe zur Ausbildung einer Reihe, die von foidfreien Plagioklasbasalten als Ersteruption über Hornblendebasalte und Basanite zu unterkieselten melanokraten Olivinnepheliniten als Letzteruptionen einerseits und zu Phonolithen andererseits führte. HOLLER (1925) legte bereits bei Untersuchungen von Rhönvulkaniten eine gravitative Differentation des basaltischen Magmas zugrunde und geht von folgender Gleichung aus:

Feldspat + Olivin = Nephelin + Augit

Der zuerst auskristallisierende spezifisch schwere Olivin sinkt ab, wodurch in den oberen Teilen des Magmas eine relative Anreicherung von SiO_2-reichem Magma auftritt. Der Feldspat wird sich zugunsten des Nephelins ausscheiden. Das Endprodukt wird einem Gestein der Zusammensetzung Feldspat + Augit zustreben. In der Tiefe ergibt sich danach durch die Anreicherung des abgesunkenen Olivins eine Abnahme an SiO_2, so daß jetzt der Nephelin auf Kosten der Feldspatsubstanz auftreten kann. Es strebt die Schmelze also einer Endzusammensetzung aus Olivin + Nephelin (Olivinnephelinit, der früher als Nephelinbasalt bezeichnet wurde) zu.

FRICKE untersuchte die Vulkanite in der unmittelbaren Nachbarschaft der Wasserkuppe. Dort gelangte er zu folgender wahrscheinlichen zeitlichen Abfolge des Vulkanismus:

1. Olivin - Plagioklasbasalte (Erstförderung)
2. Hornblende und Augit führende Tuffe
3. Hornblende führende Basalte
4. wenig Foid führende Plagioklasbasalte
5. plagioklasreiche Basanite
6. Phonolith
7. melanokrate Olivinnephelinite, früher als Nephelinbasalte bezeichnet (Letztförderung)

Die zeitliche Abfolge wird meist eingehalten, nur konnte FRICKE verschiedentlich Übergänge in stofflicher Hinsicht feststellen.

Olivin - Plagioklasbasalte konnten am häufigsten im südlichen Gebiet beobachtet werden, in dem weitaus der Plagioklasanteil überwiegt. Die Augite zeigen meist die typische intensive Violettfärbung der Titanaugite, und sie lassen unter gekreuzten Nicols gut die Sanduhrstruktur erkennen. Dazu tritt ein wechselnder Anteil von Olivin. Bei einzelnen Olivinbasalten, z.B. bei den Gängen in den Steinbrüchen Hartmann und Glotzbach östlich von Eiterfeld, tritt in verstärktem Maße eine Calcitführung auf, die durch die Aufnahme von Brocken des angrenzenden Muschelkalkes hervorgerufen wurde.

Die Serpentinisierung und Chloritisierung weist auf hydrothermale Restlösungen hin. Als Typbeispiel für die große Zahl der Olivinbasalte soll der des Hübels-Berges (Nr. 11) beschrieben werden.

Die Grundmasse besteht aus sehr gleichmäßig gebildeten Plagioklasleisten, in der idiomorphe Titanaugite, die unter gekreuzten Nicols die Sanduhrstruktur gut abbilden, als Einsprenglinge auftreten. Daneben befinden sich in der Grundmasse noch einzelne größere Plagioklase. Der

Olivin dieser Schliffe weist z.T. eine erhebliche Chloritisierung auf. Als akzessorischer Gemengteil muß noch der Magnetit erwähnt werden.

Zu den Olivinbasalten kann man wohl eine große Reihe von Vulkaniten zählen (Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6, Nr. 7, Nr. 9, Nr. 10, Nr. 11, Nr. 12, Nr. 14, Nr. 15, Nr. 20, Nr. 26, Nr. 27, Nr. 34, Nr. 36). Die letzten vier Vulkanite können eigentlich schon in den Übergangsbereich gestellt werden, da der Plagioklasanteil zugunsten der Glasbasis zurücktritt.

Beispiele für die Übergangsformen, wie sie von FRICKE aufgeführt werden, treten gleichfalls im Werra-Gebiet auf. Der Hornblendebasalt des Trumbachsköpfchens (Nr. 16), der Basanit (Nr. 18), der Phonolith von Neuwirtshaus (Nr. 8) und die an Hornblende reichen Basanite (Nr. 41) des Kaliwerkes Wintershall dürften hierher gehören.

Die Mikroskopbilder der hornblendereichen Basanite zeigen in der Grundmasse Hornblende, dazwischen Nephelin und untergeordnet Plagioklas. An Einsprenglingen wurden Augit, Hornblende und zum Teil stark serpentinisierter Olivin beobachtet. In Abänderung der Auffassungen von PSOTTA und KÜHN (1952) lassen sich die hornblendereichen Basanite von Wintershall wohl zeitlich noch vor die Olivinnephelinite stellen. PSOTTA und KÜHN vermuten, daß die hornblendereichen Basanite aus einer noch späteren Abspaltung des Grundmagmas als die Olivinnephelinite entstammen.
Besonders zahlreich liegen wieder die plagioklasfreien Letzteruptionen vor, die von den plagioklasarmen Basaniten bis zu den bisher als Nephelinbasalte bezeichneten basischten Gliedern der Basaltserie reichen. Nach TRÖGER (1935, 1938) werden die Nephelinbasalte, trotz ihres geringen, nicht idiomorph auskristallisierten Nephelinanteils jetzt als melanokrate Olivinnephelinit bezeichnet. Als Typschliff kann der Olivinnephelinit des Sois-Berges (Foto Nr. 7 im Anhang) dienen.

In einer Grundmasse aus hellem Glas und Nephelin sowie aus kleinen Augitmikrolithen befinden sich reichlich Olivin- und Pyroxeneinsprenglinge. Die Olivine werden z.T. erheblich chloritisiert, so daß auf eine hydrothermale Nachphase zu schließen ist. Genau wie bei den Olivinbasalten tritt als akzessorischer Gemengteil der Magnetit auf.

Es läßt sich also für das Werra-Kaligebiet eine zeitliche Abfolge postulieren, die mit den Eruptionen in der Rhön in gutem Einklang steht. Es muß noch darauf hingewiesen werden, daß die Ersteruptionen vorwiegend im Süden und die Letzteruptionen weiter im Norden auftreten. Demnach erreicht der Vulkanismus das nördliche Gebiet in der Hauptsache erst mit den vulkanischen Letzteruptionen. Erwähnt seien noch große Plagioklasleisten aus dem mittleren Gang des Olivinbasaltes vom Dreien-Berg (Foto Nr. 8 im Anhang) Der Anorthitgehalt ließ sich zu 58 $\pm$ 3 % bestimmen. Es handelt sich hier offenbar um ein Magma, das in einem Zwischenherd bereits die Möglichkeit zur Plagioklasausscheidung besaß.

Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen noch die Vulkanitgänge von unter Tage und ihre Kontakterscheinungen. Das petrographische Bild kann an Hand von Dünnschliffen nur sehr unvollständig wiedergegeben werden, da die Grundmasse vorwiegend aus Glasbasis besteht. Es wird sich bei den Gängen, die auf Werk Hattorf angefahren wurden, in der Hauptsache aber um ein dem Olivinnephelinit entsprechendes Magma handeln. Eine genaue Einteilung ließe sich nur durch chemische Analysen ermöglichen. Die Vulkanite besitzen keine nennenswerte Kontaktzone. Nur vereinzelt beobachtet man im Salz kleine apophysenartige Seitengänge, Aufweitungen und Abzweigungen. Nach KÜHN (1952) weisen die glatten Kontakte auf starke tektonische Einwirkungen hin, die während des Obermiozäns dem Magma die Spalten aufrissen. Die Spalten wurden sofort nach dem Aufreißen gefüllt, da sich wegen der Plastizität der Salze sonst die Spalten schnell wieder geschlossen hätten. Eine Aufschmelzungszone zwischen Vulkanit und Steinsalz fehlt. Sie ist nach KÜHN auch mikroskopisch nicht nachzuweisen.

Demnach dürfte die Schmelztemperatur des Steinsalzes von 805°C nicht an den Kontakten erreicht worden sein. Dagegen liegen im Hartsalzlager Aufblähungen vor. Hier wird vor allem der bei etwa 360°C schmelzende Kieserit aus dem Hartsalz entfernt worden sein.

Makroskopisch lassen sich bis zu 1 m vom Vulkanit entfernt Veränderungen in der Struktur des Hartsalzes feststellen. Als häufigstes Kontaktmineral tritt bunter Polyhalit (gelb, rosarot und bläulich) auf. In Dünnschliffen sind an den Kontakten und in Einschlüssen vielfach hydrothermale Umwandlungen, wie sie PSOTTA bereits beschreibt, zu erkennen. Teilweise befinden sich Calcitkörner als Einschlüsse im Steinsalz. Einzelne Anhydritkörner, die im Magma eingeschlossen sind, werden randlich von Calcit umgeben. Es muß hier eine Umwandlung von Anhydrit nach Calcit vorliegen. Die Calcitbildung geht wahrscheinlich auf die Einwirkung von Kohlensäure zurück. Kohlensäure hat sicher in reichlichem Maße zur Verfügung gestanden, denn sie tritt auch in großen Mengen im Salz auf. Im Mikroskop erkennt man auch viele mit Anhydrit gefüllte Spalten, die die Vulkanitgänge durchziehen.

Für die Lagerstätte entscheidender als die Kontaktzonen sind die Thermalwässer, die Kohlensäure führen und den Vulkanismus begleiten. Die Kohlensäure imprägnierte das Salz. Durch den Schießvorgang wird das Entweichen des CO_2 hervorgerufen. Dabei wird unter erheblichem Druck Salz herausgeworfen. Es entstehen Hohlräume - sogenannte Racheln, - an deren Wänden das Salz aufgeblättert wird. CO_2-Einschlüsse sind mikroskopisch in Größen um einige μ bis Zehntelmillimeter zu beobachten. KÜHN ermittelte den Gasdruck der Kohlensäureeinschlüsse im Salz zu 8 - 10 At. Er bettete CO_2-imprägnierte Salze ein Glycerin ein und maß die langsam entweichenden Gasblasen mit dem Mikrometer. Der so unter Anwendung des Boyle-Mariotte'schen Gesetzes errechnete Druck von 8 - 10 At stimmt mit dem von TAMMANN und SEIDEL gefundenen gut überein, die im Auflösungsgefäß mit einem entsprechenden Gegendruck (10 - 12 At) arbeiteten. Die thermalen Wässer ha-

ben örtlich Umkristallisationen hervorgerufen und dabei zugleich die Salze mit CO_2 imprägniert. Die Thermalwässer sättigten sich bei ihrem Aufstieg bereits an Steinsalz ab, so daß sie sich vorwiegend in den Kalilagern ausbreiteten und die Steinsalzbänke unverändert ließen. Der Kieserit und der Anhydrit des Hartsalzes sind unter der Einwirkung der Thermalwässer zu Polyhalit und Langbeinit umgesetzt worden.

8.0 Zusammenfassung

Zunächst wurde die Stratigraphie des Werra-Kaligebietes vom Unterkarbon (Kulm) bis zum Tertiär behandelt. Die stratigraphische Betrachtung der einzelnen Schichten ist für die verschiedenen Fragen des tertiären Vulkanismus unerläßlich. Für die Rekonstruktion der ehemaligen Landoberfläche, die Altersstellung des Vulkanismus sowie für die tektonische Beanspruchung des Gebietes konnten wichtige Anhaltspunkte gegeben werden. Besonderes Interesse für die Arbeit besaßen die Schichten der Werra-Serie und des Mesozoikums. Das Werra-Kaligebiet war über größere Zeiten hinweg einmal im Zechstein und zum anderen im Buntsandstein als Becken gegenüber seinem nördlichen Nachbargebiet - dem Richelsdorfer Gebirge - verstärkter Sedimentation ausgesetzt. Die Gesamtmächtigkeit vom Zechstein bis zum Mittleren Keuper beträgt im Werra-Kaligebiet etwa 1 450 - 1 500 m, wobei etwa 380 m auf den Zechstein, 720 m auf den Buntsandstein, 140 m auf den Muschelkalk und 220 - 240 m auf den Unteren und Mittleren Keuper entfallen. Der Buntsandstein stellt mit 720 m weitaus den größten Schichtkomplex dar. Tertiäre Sedimente sind im Untersuchungsgebiet nur an einer Stelle bei Buchenau bekannt. Die Ablagerung wird ebenso wie bei Oberzella auf der Thüringer Seite erst nach der mittelpliozänen Hebung im Oberpliozän stattgefunden haben, da die Wässer von über Tage vorher keinen Zugang zu der intakten Salzlagerstätte hatten.

Der stratigraphischen Abhandlung folgt ein tektonischer Überblick. Sehen wir von der variszischen Gebirgsbildung ab, so ist die älteste klar in Erscheinung tretende Bewegung in das Jungmesozoikum zu legen. Die herzynischen und rheinischen Faltenachsen bestimmen das Bild. Gelegentlich können nach HUMMEL (1929) Vergitterungen zwischen beiden Faltenachsen beobachtet werden. Jedoch läßt sich bei der kimmerischen Faltung zwischen beiden Anlagen kein Altersunterschied feststellen. Es herrschen aber die herzynischen Faltenachsen vor. Für die Erfassung kleinerer Strukturen hat sich die Konstruktion von Höhenlinien-

karten für bestimmte Horizonte gut bewährt. Die einzelnen Strukturen sind den neuesten Kartierungsunterlagen verschiedener Autoren entnommen. Die Ergebnisse wurden in einer Karte im Maßstab 1 : 100 000 dargestellt. Die Lagerungsverhältnisse des Salinars und des Mesozoikums wurden außerdem in einem Profil, welches in SW - NE-Richtung verläuft, abgebildet. Die Lage des Profils ist der Strukturkarte zu entnehmen. Das Profil gibt die jungkimmerischen Sättel und Mulden wieder.

Die weitere tektonische Beanspruchung erfolgte im Tertiär. Während des Miozäns herrscht vorwiegend Druck in rheinischer Richtung, so daß die Vulkanite der Druckrichtung entsprechend hauptsächlich zwischen 170° und 10° streichen. Postvulkanisch erfolgte in der jungpliozänen Phase ein Wechsel des Druckes in die herzynische Richtung. Es wurden herzynisch streichende Spalten aufgerissen, die zum Teil heute noch offenstehen und gelegentlich Lauge führen können. Der Richtungswechsel in der Bewegung läßt sich gut an den 40° - 45° streichenden Harnischen und an der allgemeinen Beanspruchung der einzelnen Vulkanite erkennen. Die Spalten besitzen hauptsächlich rheinisches, herzynisches und untergeordnet erzgebirgisches Streichen. Sie sind prävulkanisch angelegt worden, jedoch erfuhren sie in vulkanischer und postvulkanischer Zeit eine Wiederbelebung, die nach HOPPE (1960) wohl auf Zerrungsvorgänge zurückzuführen ist. Lediglich die atektonischen Störungen in Begleitung der Salzauslaugung weichen von dem einheitlichen Bild ab.

HUMMEL (1929) kommt auf Grund der Konstruktion der Höhenlinien der Röt-Muschelkalkgrenze zu dem Ergebnis, daß die Heraushebung der NNE-streichenden Spessart-Rhönachse an der Grenze vom Pliozän zum Pleistozän erfolgte. Die Hebung beendete im Bereich der Hohen Rhön die jungtertiäre Einmuldung und stellt zugleich die jüngste tektonische Beanspruchung in diesem Gebiet dar.

Alle bekannten Vulkanite des hessischen Werra-Kaligebietes wurden in einer Karte, die im Maßstab 1 : 100 000 vor-

liegt, zusammengestellt. Es lassen sich vorwiegend 170° streichende Störzonen erkennen, die der Vulkanismus als Aufstiegswege benutzte. Die Aufschlüsse über Tage und unter Tage sowie die magnetische Aufnahme ergeben einen Überblick über den Vulkanismus. Über Tage konnten nicht alle Vulkanite einzeln behandelt werden. Besonderes Interesse wurde auf die Spaltenfüllungen gelegt. Daneben wurden die Schlotbrekzien untersucht, um an Hand der Sedimenteinschlüsse ein Bild der vorvulkanischen Landoberfläche zu gewinnen. Unter Tage dagegen konnte bei der Aufnahme der Vulkanitgänge das fiederförmige Streichen der Spaltenfüllungen ermittelt werden. Außerdem konnten CO_2-Ausbrüche und Salzumbildungen, die durch die aufsteigenden Thermalwässer hervorgerufen wurden, studiert werden. Grundsätzlich ließ sich feststellen, daß bei den 170° streichenden Gängen jeweils die Spaltenfüllungen nach einigen 100 m in eine östlich parallellaufende Kluft springen. Auf diese Weise entsteht eine fiederförmige Anordnung der Spalten. Am 10° streichenden Gang (Nr. 41) von Wintershall setzt sich dagegen der Vulkanit nach Norden immer in einer westlichen Kluft fort. Die vulkanische Tätigkeit nimmt von Süden nach Norden ab.

Die Sedimenteinschlüsse in den Schlotbrekzien lassen vermuten, daß die vorvulkanische Landoberfläche von einer einheitlichen Muschelkalk- und zum Teil auch noch Keuperdecke gebildet wurde. Demnach ist von der jungkimmerischen Faltung bis zum Pliozän aus dem Gebiet wenig Material verfrachtet worden. Nach der mittelpliozänen Hebung tritt erst eine größere Abtragung ein.

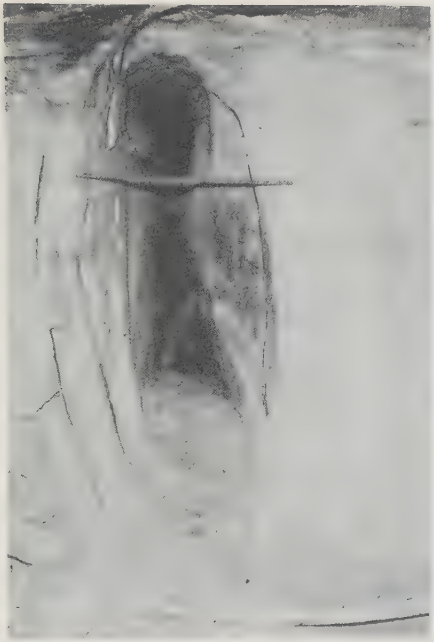
Die magnetische Vermessung hat sich bei der Aufnahme der Vulkanite als sehr lohnend erwiesen. Die einzelnen Messungen, die von verschiedenen Herren durchgeführt wurden, konnten zu einem Isanomalenplan der Vertikalintensität des erdmagnetischen Feldes zusammengestellt werden, der einmal das Normalfeld im untersuchten Gebiet wiedergibt und zum anderen die einzelnen Störkörper erfaßt. Die durchschnittlichen Werte der Vertikalintensität liegen bei 50 γ bis 175 γ und das Feld steigt nach NE an. Die Spalten-

füllungen nehmen nach Süden stark zu, so daß die vielen Anomalien, die alle N - S ausgerichtet sind, die Nähe des vulkanischen Zentrums - die Rhön - anzeigen. Nördlich von Hohenroda konnten die magnetischen Aufnahmen mit den Grubenaufschlüssen zur Deckung gebracht werden. Horizontalbohrungen im Flöz Hessen ergaben, daß der Vulkanitschlot erst in den mesozoischen Sedimenten ausgesprengt wurde. Im tieferen Untergrund sitzt exzentrisch am östlichen Rand unterhalb des Schlotes die aufgeweitete Gangspalte, die den Krater mit Magma füllte. Außerdem befindet sich nördlich des Kraters innerhalb der Deckschichten des Salzes ein lakkolithartiger Störkörper, dessen schüsselförmiger Bau den Profilen der Vertikalintensität zu entnehmen ist. Eine östlich von Motzfeld vermessene Spalte zeigt, daß das Magma nicht gleichmäßig bis in ein bestimmtes Niveau emporgedrungen ist, sondern an Schwächezonen pfropfenartig auftritt. Zwei Profile sollten zum Abschluß der erdmagnetischen Betrachtung beweisen, daß die schmalen Vulkanitgänge, wie sie in den Kaligruben angefahren wurden, sich nicht in dem Isanomalenbild der Messungen von über Tage widerspiegeln, denn die mächtigen mesozoischen Deckschichten verhindern ein Ansprechen. Bei Suszeptibilitätsbestimmungen wurden Werte zwischen 296 x 10^{-6} und 12 200 x 10^{-6}cgs ermittelt. Die durchschnittlichen Werte von 1 000 - 6 000 x 10^{-6}cgs liegen im Bereich der Suszeptibilitäten von Vulkaniten.

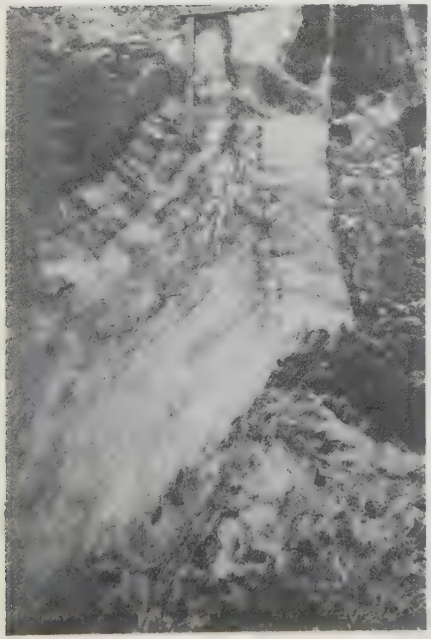
Petrographische Untersuchungen der Vulkanite schlossen sich der geologischen und magnetischen Aufnahme an. FRICKE (1960) fand im Bereich der Wasserkuppe eine Differentation des basaltischen Magmas von foidfreien Plagioklasbasalten als Ersteruptionen über Hornblendebasalte und Basanite zu melanokraten Olivinnepheliniten als Letzteruptionen einerseits und Phonolithen andererseits. An Hand von etwa 50 Dünnschliffen konnte im Werra-Kaligebiet ebenfalls eine Unterkieselung des Magmas im Laufe der Abfolge festgestellt werden. Die Olivinbasalte als Ersteruptionen und die Nephelinbasalte als Letzteruptionen treten am häufigsten auf, wobei im Süden die Olivinbasalte und im Nor-

den die Nephelinbasalte vorherrschen. Aber auch die Zwischenglieder der Reihe, z.B. die Hornblendebasalte, Hornblende führende Basanite, Basanite und Phonolithe sind ebenfalls vorhanden. Die Vulkanite von unter Tage zeigten weder im Dünnschliff noch makroskopisch Kontakterscheinungen. Die reichliche Glasbasis erschwerte die Bestimmung. Außer den Hornblende führenden Basaniten von Wintershall dürfte in der Hauptsache aber ein dem Olivinnephelinit entsprechendes Magma in den Kaliwerken Hattorf und Heringen angetroffen werden.

Nur vereinzelt konnten apophysenartige Seitengänge, Aufweitungen und Abzweigungen beobachtet werden. Das Magma ist nach KÜHN (1952) in gerade geöffnete Spalten geschossen. Nicht mit Magma gefüllte Spalten würden sich bei der Plastizität der Salze schnell wieder geschlossen haben. Als häufigstes Kontaktmineral erkennt man Polyhalit (gelb, rosarot und bläulich). In den Vulkaniten von unter Tage befinden sich oft Umwandlungen von Anhydrit nach Calcit sowie Anhydrit und Steinsalz.
Für die Lagerstätte entscheidender sind die Thermalwässer, die Kohlensäure führten und auf den Vulkaniten parallellaufenden Spalten zirkulierten. Durch den Schießvorgang kommt es meist zum Entweichen der mit CO_2 imprägnierten Salze. Der Gasdruck von Kohlensäureeinschlüssen im Salz wird von KÜHN mit 8 - 10 At und von TAMMANN und SEIDEL mit 10 - 12 At angegeben. Die Thermalwässer, die bereits bei ihrem Aufstieg an Steinsalz abgesättigt waren, konnten sich vorwiegend in den Kalilagern ausbreiten.

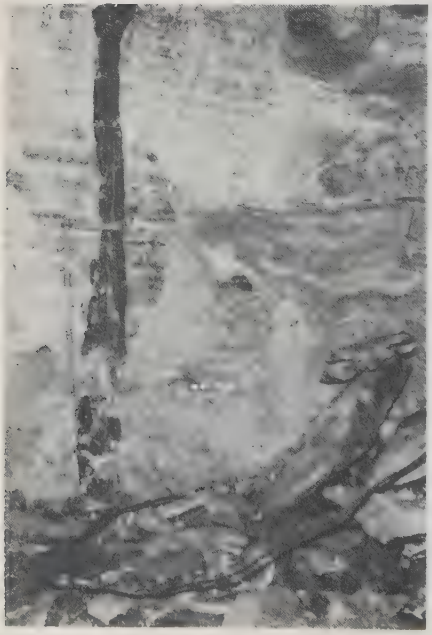


Nr. 1:
Die 1. Nordstrecke westlich der Hera-Strecke (Werk Hattorf) wird durch die abgebildete Rachel mit der nördlichen Begleitstrecke verbunden. Die Rachel liegt in der Schlechten- und Schnittzone des Ganges Nr. 29. Ähnliche Hohlräume von noch viel größeren Ausmaßen begleiten oft die Vulkanitgänge.



Nr. 2:
Die Aufnahme bildet den östlichen Kontakt des Ganges Nr. 29 am südlichen Stoß in der 2. Nordstrecke (Werk Hattorf) ab. Deutlich erkennt man die Aufschleppung des Lagers durch den eingedrungenen Vulkanit.

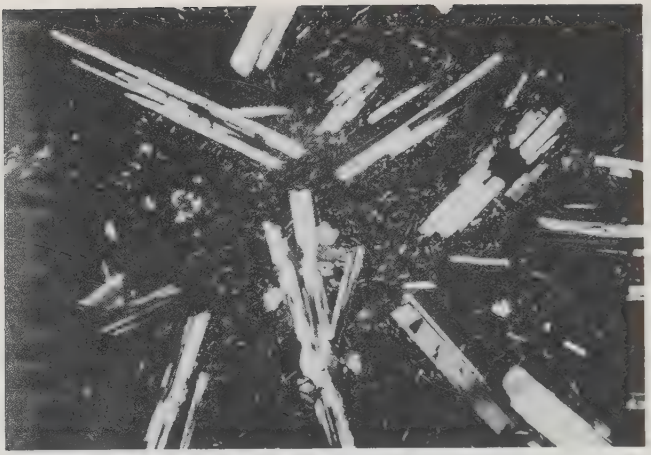
Nr. 3:
Im südöstlichsten Abbau der 6. südöstlichen Abteilungsstrecke (Werk Hattorf) ist das Magma im Bereich des Flözes "Hessen" seitlich in das Lager eingedrungen und die Schichtung hört bereits ungefähr 1 m vor dem Gang auf. Im Hangenden bleibt dagegen die Schichtung bis an den Kontakt erhalten.



Nr. 4:
Der auskeilende Vulkanit Nr. 35 am südlichen Stoß in der 2. südlichen Parallelstrecke (Werk Hattorf) in Norden. Der 6-10 cm breite Gang hat die Schichtung nicht beeinflußt, und sie reicht bis an den Vulkanit heran.

Nr. 5: Zerbrochener Vulkanitgang im liegenden Steinsalz des Kaliflözes "Hessen" in der 7. nördlichen Abteilung nach Westen (Werk Wintershall)

Nr. 6: Im Bereich des Hartsalzlagers (Flöz "Hessen") drang das Magma parallel zur Schichtung ein (Aufschluß am südlichen Stoß in der nördlichen Begleitstrecke zur 1. nördlichen Abteilung nach Westen; Werk Wintershall).



Nr. 7: Olivinbasalt des Dreien-Berges (Nr. 12), (40x, + Nicols)

Nr. 8: Olivinnephelinit des Sois-Berges (Nr. 22), (135x, + Nicols)

9.0 Schriftenverzeichnis

Angenheister, G.: Die Magnetisierung und das magnetische Störfeld basischer Gesteine. - Z. deutsch. geol. Ges., 111, S. 175-181, 1. Abb., Hannover 1959.

Bauer, Hans-Dieter: Die Basalte im Grubenfeld des Kaliwerkes Hattorf. - (Unveröffentlichte Meldearbeit, im Besitz der Salzdetfurth AG) 1953.

Blankenhorn, Max: Nachträge zu dem Aufsatz von O. Grupe "Über das Jungtertiär und die Altersstellung der Basalte in der hessischen Senke".- Jb.Reichsamtes f. Bodenforsch. für 1941, 62., S. 175, Berlin 1944.

Blankenhorn, Max: Das Tertiär Niederhessens.- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.,(VI), 1. S. 7-82, Wiesbaden 1950.

Bücking, H.: Basaltische Gesteine aus der Gegend südwestlich vom Thüringer Wald und aus der Rhön.- Jb. preuß. geol. L.-A. für 1880, S. 149-189, Berlin 1881.

Bücking, H.: Die Basalte und Phonolithe der Rhön, ihre Verbreitung und ihre chemische Zusammensetzung.- Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss., Berlin XXIV., S. 490-519, 1910.

Bücking, H.: Über vor- und nachbasaltische Dislokationen und die vorbasaltische Landoberfläche in der Rhön.- Z. deutsch. geol. Ges., 64, S. 109-124, Jg. 1912, B. Monatsbericht Nr. 2.

Cloos, H.: Hebung-Spaltung-Vulkanismus.-Geol. Rdschr., 30, S. 405-527, Stuttgart 1939

Cloos, H.: Bau und Tätigkeit von Tuffschloten.- Geol. Rdsch., 32, S. 705-800, Stuttgart 1941.

Dietz, C.: Die Salzlagerstätte des Werra-Kaligebietes.- Arch. Lagerstättenforsch., 40, Berlin 1928.

Dorn, P.: Der junge Vulkanismus im Braunschweiger Raum.- Geol. Jb., 74, S. 105-116, Hannover 1957.

Ficke, Bruno: Die tertiären Vulkanite im Gebiet der Wasserkuppe.- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 88, S. 361-379, 4 Tab., 2 Abb., Taf. 21-23, Wiesbaden 1960.

Fischer, K. und Wenz, W.: Das Tertiär in der Rhön und seine Beziehungen zu anderen Tertiärablagerungen.- Jb. preuß. geol. L.-A., 35, Teil II, S. 37-75, Berlin 1914.

Fürste, R. und Winter, U.: Über Zusammenhänge zwischen Basalten, Vertaubungen und Kohlensäurevorkommen auf dem Kaliwerk Ernst Thälmann und über Möglichkeiten ihres geophysikalischen Nachweises.- Bergbautechnik, 7. Jg., Heft 7 u. 8, Berlin 1957.

Grupe, Otto: Studien über Scholleneinbrüche und Vulkanausbrüche in der Rhön. Ein Beitrag zur Frage der Abhängigkeit der Vulkane von präexistierenden Spalten.- Jb. preuß. geol. L.-A., 34, Teil I, 8 Abb., S.407-476, Berlin 1913

Grupe, Otto: Über das Jungtertiär und die Altersstellung der Basalte in der hessischen Senke.- Jb. Reichsamtes f. Bodenforsch. für 1941, 62, S. 163-174, Berlin 1944.

Heykes, Klaas: Chemisch-petrographische Studien an Basalten Niederhessens und der Rhön.- Jb. preuß. geol. L.-A., 51, S. 469-504, 7. Abb., Berlin 1930.

Holler, K.: Vergleichende petrographische Untersuchungen an Rhöngesteinen. Diss. Halle/S. 1925.

Hoppe, W.: Die Auslaugungserscheinungen im Werra-Kaligebiet, ihre Bedeutung für die Lagerstätte und die Landscharfsform.- Jb. Reichsamtes f. Bodenforsch. für 1941, 62, S. 248-271, Berlin 1944,

Hoppe, W.: Die Bedeutung der geologischen Vorgänge bei der Metamorphose der Werra-Kalilagerstätte.- Kali-Symposium 1958, Freib. Forsch.-H. A 123, S. 41-60, Berlin 1959.

Hoppe, W.: Die Kali- und Steinsalzlagerstätten des Zechsteins in der Deutschen Demokratischen Republik, Teil 1. Das Werra-Gebiet.- Freib. Forsch.-H. C 97, S. 1-166, 38 Bilder, 23 Tab., Berlin 1960.

Hummel, K.: Die tektonische Entwicklung eines Schollengebirgslandes (Vogelsberg und Rhön).- Fortschr. Geol. u. Paläontol., 8, H. 24, Berlin 1929,

Käding, Karl-Christian: Buntsandsteinkartierung im Werra-Kaligebiet östlich Bad Hersfeld. Diplom-Arbeit, Berlin 1960.

Klüpfel, W.: Das Faziesgesetz der vorquartären Vulkaneruptionen.- Geol. Rdschr., 24, 28-56, Berlin 1933.

Klüpfel, W.: "Basaltgeologie". Ein Beitrag zur Kenntnis der tertiären Basalte.- Z. deutsch. geol. Ges., 104, S. 326-353, Hannover 1953.

Kühn, Robert: Nachexkursion im Kaliwerk Hattorf, Philippsthal - als Beitrag zur Kenntnis der Petrographie des Werra-Kaligebietes.- Fortschr. Min. 1950/51, 29/30, Heft 1, S. 101-114, 9 Abb., Taf. 7-20, Stuttgart 1952.

Kuhnert, Christian: Muschelkalk und Keuper im Gebiet der Eiterfelder Mulde. Diplom-Arbeit, Berlin 1961.

Kutscher, Fritz: Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 1. Zusammenstellung der bisherigen speziellen erdmagnetischen Untersuchungen in Hessen.- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 81, S. 350-367, 9 Abb., Wiesbaden 1953.

Kutscher, Fritz: Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 2. Die erdmagnetische Vermessung der Basaltschlote von Neurod im Taunus (Rheinisches Schiefergebirge).- Jb. nass. Ver. Naturk., 91, S. 37-46, 6 Abb., Wiesbaden 1954.

Kutscher, Fritz und Stein, Albert: Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 3. Magnetische Vermessung eines Basaltvorkommens mit angrenzendem Eisenerzlager auf Blatt Weilburg (Lahn-Mulde).- Geol. Jb., 73, S. 575-594, 14. Abb., 4. Tab., Hannover 1957.

Kutscher, Fritz und Angenheister, G.: Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 4. Gesteinsphysikalische Untersuchungen an den Kernproben der Bohrung Weyer 1 (Lahnmulde, Hessen).- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 84, S. 385-402, 8 Abb., Wiesbaden 1956.

Kutscher, Fritz: Erfahrungen bei erdmagnetischen Untersuchungen auf Basaltvorkommen.- Z. deutsch. geol. Ges., 112, S. 171-177, Hannover 1960.

Kutscher, Fritz und Wendler, R.: Abschlußbericht über die im Auftrage der Wintershall AG, Kassel, im Raum Eiterfeld-Geisa durchgeführten Δz-Vermessungen, 1960, (unveröffentlicht).

Lange, Peter R. und Käding, Karl-Christian: Stratigraphie und Tektonik im Buntsandstein des hessischen Werra-Kaligebietes östlich Bad Hersfeld.- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 89, S. 242-265, 4 Abb., Taf. 14-15, Wiesbaden 1961.

Laemmlen, M.: Der Buntsandstein auf Blatt Queck in Hessen.- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 86, S. 241-268, 1 Abb., Wiesbaden 1958.

Lohmann, H.: Bericht über eine geologische Kartierung im Schürffeld Treischfeld in der Zeit vom 1.7. - 31.8.1958. (Unveröffentlichtes Gutachten, im Besitz der Wintershall AG.)

Lützner, Harald: Zur Tektonik der Trümmercarnallitite von Menzengraben (Werrakaligebiet).- Geologie, 9, Heft 3, S. 277-287, 9 Abb., Berlin 1960.

Müller, Walther: Über das Auftreten von Kohlensäure im Werra-Kaligebiet.- Freib.Forsch.-H. A 101, S. 1-100, 26 Bilder, 14 Tab., Berlin 1958,

Murawski, Hans: Das Zeitproblem bei der Tektogenese eines Großgrabensystems. Ein taphrogenetischer Vergleich zwischen Hessischer Senke und Oberrheintalgraben.- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 88, S. 294-342, 3 Abb., Wiesbaden 1960.

Murawski, Hans: Zusammenhänge zwischen Basaltvulkanismus und Tektonik in Niedersachsen.- Geol. Rdsch., 39, S. 114-119, 3 Abb., Stuttgart 1951.

Naumann, E.: Über einige vulkanische Erscheinungen im Werratale.- Jb. preuß. geol. L.-A., 33, Teil I, S. 449-467, Berlin 1912.

Naumann, E.: Über einige vulkanische Schlotbrekzien, andere vulkanische Erscheinungen und Auslaugungsbrekzien im Werragebiet und in der Rhön.- Geologie, 1, Heft 1-2, S. 59-63, Berlin 1952.

Psotta, Manfred: Die Basaltintrusionen und ihre Begleiterscheinungen in der Kalilagerstätte des Werragebietes. (Geologisch-Lagerstättenkundliche Meldearbeit, im Besitz der Salzdetfurth AG.)

Rauter, Herbert: Erdmagnetische Messungen als Hilfsmittel bei der Kartierung von Basaltvorkommen in Hessen. (Unveröffentlichte Meldearbeit, im Besitz der Salzdetfurth AG) 1960.

Reich, H.: Ergebnisse erdmagnetischer Untersuchungen im Rheinischen Schiefergebirge.- Z. Geophysik. 11, S. 344-357, Braunschweig 1935.

Richter, M.: Erstarrungsformen rheinischer Basalte und ihre Bedeutung für den Abbau.- Z. deutsch. geol. Ges., 87, S. 480-493, 7 Abb., Berlin 1935.

Richter-Bernburg, G.: Paläogeographische und tektonische Stellung des Richelsdorfer Gebirges im hessischen Raume.- Jb. Reichsstelle f. Bodenforsch. für 1940, 61, S. 283-332, 19 Abb., 3 Taf., Berlin 1941.

Roth, H.: Befahrung des Kalibergwerkes "Wintershall" in Heringen/Werra.- Fortschr. Min., 35, S. 82-88, Stuttgart 1958.

Sturmfels, Ernst: Das Kalisalzlager von Buggingen (Südbaden).- N. Jb. Mineral. etc., A. Abh. 78, S. 131-216, 24 Abb. 6 Tab., Stuttgart 1943.

Tammann, G. und Seidel, K.: Zur Kenntnis der Kohlensäureausbrüche in Bergwerken.- Z. f. anorg. Chemie, 205, S. 209. 1932.

Tröger, W.: Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Berlin 1935, 1938.

Udluft, H.: Ergänzungen und kritische Bemerkungen zu der Arbeit von M. Blankenhorn über das Tertiär Niederhessens.- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI), 1, S. 83-100, Wiesbaden 1950.

Vogelsang, Dieter: Gutachten über ferromagnetische Gesteinskörper im Raum Bad Hersfeld-Vacha-Eiterfeld.- (Unveröffentlichtes Gutachten, im Besitz der Salzdetfurth AG) 1954.

Vogelsang, Dieter: Beziehungen zwischen der umgekehrten Eigenmagnetisierung und dem Gefüge von Eruptivgesteinskörpern.- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 85, S. 390-419, 20 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1957.

Weber, H.: Pliozän und Auslaugung im Gebiet der oberen Werra.- Geologica 8/ 1952, 136 S., 17 Abb., 4 Taf.

Wolter, Karl Dietrich: Die Basaltgänge im Bereich des Grubenfeldes der Gewerkschaft Wintershall und ihre Auswirkungen auf die beiden Kalilager Flöz Thüringen und Flöz Hessen.- (Unveröffentlichte geologische Meldearbeit, im Besitz der Wintershall AG) 1953.

Geologische Spezialkarten von Preußen und benachbarten Ländern

1 : 25 000 mit Erläuterungen.

Blatt Berka, Lieferung 8
Blatt Eiterfeld, Lieferung 36
Blatt Friedewald, Lieferung 36
Blatt Geisa, Lieferung 36
Blatt Lengsfeld, Lieferung 36
Blatt Vacha, Lieferung 36

Lebenslauf

In Dramburg/Pommern wurde ich, Karl-Christian Rudolf Käding, am 8. Juni 1935 als Sohn des Oberschullehrers Karl Käding und seiner Ehefrau Hildegard, geb. Buth, geboren und evangelisch getauft. Mein Vater ist 1940 gefallen. Im Jahre 1941 wurde ich in Dramburg eingeschult. Nach der Vertreibung aus der Heimat im Jahre 1945 befand ich mich in Schwennenz und anschließend in Pasewalk auf der Volksschule. Von 1950 - 1953 besuchte ich die Oberschulen in Boock und Torgelow. Die Schule in Torgelow verließ ich 1953. Ich flüchtete über Westberlin in die Bundesrepublik. Nach einem zweimonatigen Schulaufenthalt am Realgymnasium in Bad Sooden-Allendorf wurde ich im September 1953 in die Friedrich von Bodelschwingh-Schule in Bethel bei Bielefeld aufgenommen, wo ich am 19. März 1955 die Reifeprüfung bestand.

Im Sommersemester 1955 ließ ich mich an der Georg-August-Universität in Göttingen für die Fachrichtung Geologie der math.-nat. Fakultät immatrikulieren. Im Mai 1957 legte ich in Göttingen das Vordiplom ab. Im Sommersemester 1957 setzte ich das Studium an der Freien Universität in Berlin fort. Am 21. Juli 1960 beendete ich die Ausbildung mit der Diplomprüfung.

Meine Lehrer an der Georg-August-Universität in Göttingen waren die Herren Professoren: Ackermann, Bederke, H.Schmidt, Schott (Geologie und Paläontologie); Correns, Zemann (Mineralogie); Flammersfeld, Hilsch (Physik); Brockmann, Glemser, Scheffer (Chemie); Henke, Piepho, Ulrich (Zoologie); Firbas, Harder (Botanik); Graeser (Mathematik).

Meine Lehrer an der Freien Universität Berlin waren die Herren Professoren: Richter (Geologie); Mehnert (Mineralogie); weiterhin die Herren Dozenten: Bischoff (Geologie); Kühne (Paläontologie).

Außerdem hörte ich in Berlin Gastvorlesungen bei folgenden Professoren: L. U. de Sitter (Leiden); Oftedahl (Oslo); Mackowsky (Bochum); Martini (Hannover).